

Phyt.

33

Zn

Phyt. 33 3ⁿ

Berge

<36624708140019

<36624708140019

Bayer. Staatsbibliothek

Beiträge

zur

Entwicklungsgeschichte

von

Bryophyllum calycinum

von

Dr. Hermann Berge,

Assistent und Privatdocent am Schweizerischen Polytechnikum.

Mit acht lithographirten Tafeln.

ZÜRICH

Druck und Verlag von Caesar Schmidt.

1877.

Beilage

XII

Einzelne Hefen und Sammlungen

1890

Beilage zum Jahrbuch

1890

Dr. Hermann Borge

Verlag von J. Neumann, Neudamm

Mit einer Vorrede von Dr. Borge

Preis

1 Mark und 10 Pfennig

1890

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhalts-Verzeichniss

Seinem

hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. C. CRAMER

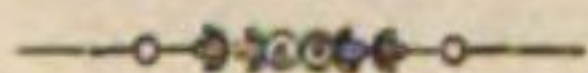
gewidmet

vom

Verfasser.



Inhalts-Verzeichniss.



	pag.
Eintheilung des zu behandelnden Stoffes	1
Entstehung der Knospen und Wurzeln im Allgemeinen	3
Entstehung der Primordialblätter	8
Entstehung der Wurzeln am Mutterblatte und an den jungen Pflanzen	16
Weitere Mittheilungen über das Verhalten der Primordialblätter	19
Entstehung der Glieder des zweiten bis nten Blattpaares	22
Entstehung der ersten zwei, sowie aller folgenden Internodien	29

Der anatomische Bau des Stengels:

Epidermis, Periderm, Hypoderma	32
Das interfasciculare Cambium	34
Die Markstrahlen	34
Die Entstehung des Holzringes oder secundären Xylems	35
Anordnung und Gestalt der Holzellen	35
Die Gefässe oder das primäre Xylem	37
Intervasales Cambium	38
Das fasciculare Phloëm	40
Das interfasciculare Phloëm	43
Das markständige interfasciculare Phloëm	44
Intervasales Phloëm	45
Das Mark	45
Chlorophyll- und Stärkegehalt der einzelnen Gewebe	45
Das Dickenwachsthum des Stengels	47
Der Gefässbündelverlauf im Stengel	51
Die Tropfenausscheidung am Blatte im Allgemeinen.	55
Ergebniss der mikroskopischen Untersuchungen der tropfenausscheidenden Partien am Blatte	59

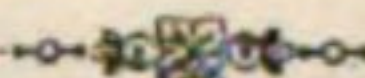
Physiologische Versuche über die Beziehung der Gefässe zu den tropfenausscheidenden Geweben:

1. Versuche mit Eisensalzlösung	67
2. Versuche mit Farbhholzlösung	78

	pag.
3. Versuche mit Blutlaugensalzlösung	80
Vergleichung der drei Versuchsreihen	81
Die morphologischen Verhältnisse der Laubblätter	83
Entstehung des Laubblattes	86
Entstehung und Verlauf der Gefässbündel im Blatte	89
Beziehungen der Entstehung der die Adventivknospen bildenden Gewebe und der tropfenausscheidenden Gewebe zur Entwicklungsart des Blattes	92
Gedrängte Zusammenstellung der wichtigeren Ergebnisse der Untersuchungen	95
Erklärung der Abbildungen	103

Errata.

Seite	5	Zeile	12	lies	üppigere statt üppigren
"	10	"	17	"	allmähliche statt allmähliche
"	10	"	26	"	Theils statt Teils
"	15	"	12	"	all' statt all
"	16	"	7	"	obere statt obre
"	16	"	19	"	ungünstigen statt ungünstgen
"	18	"	25	"	Entwicklungsstadien statt Ent- wickelungsstadien
"	36	"	27	"	Holzzellen statt Holzellen
"	36	"	30	"	Holzkörper statt Holskörper
"	39	"	26	"	dass statt das
"	47	"	9	"	dass statt das.



Verzeichnis

Seite	Nr.	Bezeichnung
17	1	das stoff das
20	2	das stoff das
26	3	Hofstetter stoff Hofstetter
27	4	Hofstetter stoff Hofstetter
28	5	Wickungstücken
29	6	Kutwickungstücken stoff Kut-
30	7	Wickungstücken
31	8	Wickungstücken
32	9	Wickungstücken
33	10	Wickungstücken
34	11	Wickungstücken
35	12	Wickungstücken
36	13	Wickungstücken
37	14	Wickungstücken
38	15	Wickungstücken
39	16	Wickungstücken
40	17	Wickungstücken
41	18	Wickungstücken
42	19	Wickungstücken
43	20	Wickungstücken
44	21	Wickungstücken
45	22	Wickungstücken
46	23	Wickungstücken
47	24	Wickungstücken
48	25	Wickungstücken
49	26	Wickungstücken
50	27	Wickungstücken
51	28	Wickungstücken
52	29	Wickungstücken
53	30	Wickungstücken
54	31	Wickungstücken
55	32	Wickungstücken
56	33	Wickungstücken
57	34	Wickungstücken
58	35	Wickungstücken
59	36	Wickungstücken
60	37	Wickungstücken
61	38	Wickungstücken
62	39	Wickungstücken
63	40	Wickungstücken
64	41	Wickungstücken
65	42	Wickungstücken
66	43	Wickungstücken
67	44	Wickungstücken
68	45	Wickungstücken
69	46	Wickungstücken
70	47	Wickungstücken
71	48	Wickungstücken
72	49	Wickungstücken
73	50	Wickungstücken
74	51	Wickungstücken
75	52	Wickungstücken
76	53	Wickungstücken
77	54	Wickungstücken
78	55	Wickungstücken
79	56	Wickungstücken
80	57	Wickungstücken
81	58	Wickungstücken
82	59	Wickungstücken
83	60	Wickungstücken
84	61	Wickungstücken
85	62	Wickungstücken
86	63	Wickungstücken
87	64	Wickungstücken
88	65	Wickungstücken
89	66	Wickungstücken
90	67	Wickungstücken
91	68	Wickungstücken
92	69	Wickungstücken
93	70	Wickungstücken
94	71	Wickungstücken
95	72	Wickungstücken
96	73	Wickungstücken
97	74	Wickungstücken
98	75	Wickungstücken
99	76	Wickungstücken
100	77	Wickungstücken

Einleitung.

Wie aus den Blättern von andern Crassulaceen, von Begonien, Gloxinien, von Piperaceen etc., so lassen sich bekanntlich auch aus denjenigen von **Bryophyllum calycinum** neue Pflanzen erziehen. Die Verhältnisse, unter welchen dies möglich ist, unterscheiden sich nicht von denen, wie sie für andere Vermehrungsarten von Pflanzen am passendsten sind, werden also durch eine erhöhte Temperatur, genügende Feuchtigkeit des Bodens, sowie durch eine entsprechend warme und feuchte Atmosphäre geboten. Der Ort der Bildung junger Pflanzen ist bei *Bryophyllum* bekanntlich die tiefste Stelle der Einschnitte oder Kerben des Blattrandes. Bisher hat meines Wissens nur Herr Professor Dr. **Hofmeister** dieselbe einer wissenschaftlichen Untersuchung unterworfen, die Ergebnisse seiner Forschungen finden sich in seinem Handbuch der physiologischen Botanik, Pg. 422 und 423, mit folgenden Worten angedeutet:

„Von oberflächlichem Ursprung sind bei Gefäßpflanzen die adventiven Knospen in den Einschnitten der Blattkerben von *Bryophyllum calycinum*, hier schon vor völliger Entfaltung des Blattes als eine wenig umfangreiche, die Aussenfläche der tiefsten Stelle des Einschnittes einnehmende Masse sehr kleinzelligen Urparenchym's kenntlich.“

Das Gesagte muss ich bestätigen, indem auch ich bei Verfolgung der Entwicklung dieser Pflanze die Ueberzeugung gewonnen habe, dass die Entstehungsweise der Knospen am Blatte von *Bryophyllum* eine exogene sei. Aus der citirten Mittheilung erhellt indessen nicht, welcher Art die auf die Knospenbildung von *Bryophyllum* bezüglichen Untersuchungen

des geehrten Forschers waren, und ich glaube nach den Ergebnissen der meinigen annehmen zu dürfen, dass er die seinigen nur soweit verfolgte, als es nöthig war, um die angegebene Thatsache als vollkommen zweifellos festzustellen. Es war daher anzunehmen, dass in Folge einlässlicher Beschäftigung mit diesem wiewohl nicht mehr ganz unbekannten Gegenstande noch manches Neue für die Wissenschaft resultiren werde. Meine Aufmerksamkeit war in erster Linie den Stellen zugewendet, an welchen die Knospen aus dem Blatte hervorbrechen. Die Art, wie dies zu geschehen pflegt, gab mir Veranlassung, die weitere Ausbildung der jungen Pflanzen zu verfolgen, und hieran reihten sich Untersuchungen an jüngsten Theilen erwachsener Individuen. Nachdem ich so anfangs nur die jüngsten Zustände der Pflanze berücksichtigt hatte, prüfte ich später auch solche von verschiedenen Altersstufen, und manche dabei gemachten Entdeckungen erschienen als nicht unwichtige Beiträge zu einer allgemeinen Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum*.

Die Anregung zu anderen am Blatte gemachten Untersuchungen verdanke ich Hrn. Professor **Dr. Cramer**, welcher schon vor mehr als drei Jahren an den Blättern von *Bryophyllum* häufig Wasserausscheidung in Form von grösseren Tropfen beobachtete. Nachdem diese Erscheinung durch genauere mikroskopische Nachforschungen über Ort und Art der Wassererzeugung in jeder Weise aufgeklärt schien, wurden auch noch physiologische Versuche unternommen, und die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen auf experimentellem Wege bestätigt. Es war natürlich, dass während der wiederholten und andauernden Beschäftigung mit einem Pflanzengliede, dem Blatte, meine Aufmerksamkeit auf alle Eigenschaften desselben gelenkt wurde, und die Ergebnisse weiterer Beobachtungen an ihm veranlassten mich, seine Ausbildung in einem besonderen Abschnitte einlässlicher zu besprechen.

Der zu behandelnde Stoff wird sich in zwei Theile gliedern. In dem ersten kommt zunächst die Entstehung der Adventivknospen zur Besprechung; an diese reiht sich die weitere Entwicklung der aus dem Blatte erzeugten jungen Pflanzen, bei welcher

Gelegenheit die Wachsthumerscheinungen an Sprossspitzen überhaupt Berücksichtigung finden; endlich sollen in Kürze die äusseren, sowie einlässlicher die inneren entwicklungsgeschichtlichen Momente des Stengels erörtert werden, wobei auch der Gefässbündelverlauf besprochen wird. Der zweite Theil wird die Untersuchungen über die tropfenausscheidenden Gewebepartien der Blätter, und im Anschluss daran diejenigen über die Ausbildung des ganzen Blattes enthalten.

Bevor ich die Ergebnisse streng wissenschaftlicher Forschung mittheile, mögen noch einige Bemerkungen über rein äusserliche, bei der ersten Entwicklung der Pflänzchen sich darbietende Erscheinungen, sowie über die Art, wie jene erzogen wurden, Erwähnung finden, da sie zum Verständniss späterer Mittheilungen beitragen können.

Dass es sehr leicht ist, aus den Blättern von *Bryophyllum calycinum* neue Pflanzen zu erziehen, dürfte ziemlich bekannt sein. Abgesehen davon, dass die Bildung derselben bisweilen schon auf noch am Sprosse vegetirenden erwachsenen Blättern sichtbarer werden soll,*) so findet sie doch stets und sehr schnell statt, wenn man ein vom Tragorgane losgelöstes Blatt in Verhältnisse versetzt, welche der Entwicklung von Adventivknospen möglichst günstig sind, und soweit meine Erfahrungen reichen, gehört diese Art der Erzeugung von Gliedern einer Pflanze an einem ihnen heterogenen Mutterorgane wohl zu den in kürzester Frist sich vollziehenden Neubildungsprocessen. Ich habe bei Beginn meiner Untersuchungen zwanzig erwachsene Blätter eines älteren, etwa vier- bis fünfjährigen Exemplares von *Bryophyllum* auf ein mässig feucht gehaltenes Sandbeet des für wissenschaftliche Untersuchungen im pflanzenphysiologischen Saal errichteten Glashauses gelegt und in demselben eine Bodentemperatur von 25—30° Celsius unterhalten. Schon nach etwa drei bis vier Tagen konnte man an einigen derselben sehr deutlich wahrnehmen, dass am Grunde einzelner Kerben ein neues lebhaftes Wachsthum begonnen hatte. Aber auch unter weniger

*) Vergleiche pag. 7.

forcirten, der Natur mehr angepassten Verhältnissen, also in solchen, wie sie gewöhnlich in Warmhäusern gegeben sind, geht die Knospenbildung relativ schnell von Statten. Zu der gleichen Zeit nämlich wurde eine geringere Anzahl von Blättern im Stecklingskasten des Gewächshauses gelegt; an denselben liessen sich mit einer Loupe nach etwa zwölf Tagen die ersten Spuren einer neuen Vegetation äusserlich wahrnehmen. Die Kulturen im Glashause des pflanzenphysiologischen Laboratoriums hatten den Vortheil, dass die Entstehung der Knospen leicht und unausgesetzt verfolgt und bequemer geleitet werden konnte. Diese Glashauskulturen im Verein mit denjenigen im Gewächshause des Gartens gewährten die Annehmlichkeit, unter verschiedenen Verhältnissen sich entwickelnde Pflanzen, sowie Material mannigfaltigerer Art und auf einen längeren Zeitraum für die Untersuchung zur Verfügung zu haben und keinen Augenblick bezüglich der Menge desselben in Verlegenheit zu sein.

Da jedes vollkommener ausgebildete Blatt von *Bryophyllum* eine grössere Anzahl von Kerben besitzt — wenn man von secundären Kerbzähnen, welche an den primären auftreten können, absieht, im Durchschnitte sechszehn bis zwanzig *) — so ist von vornherein anzunehmen, dass es auch eine ziemliche Anzahl Knospen erzeugen kann. Meine Beobachtungen an mehr als dreissig Blättern haben mich indessen überzeugt, dass wohl nie in allen Kerben ein und desselben Mutterblattes eine Knospe entsteht und, wenn sie auch als „Urparenchym“ angelegt wurde, immerhin unter den gegebenen Verhältnissen nicht zur Weiterentwicklung gelangt, dass man jedoch keineswegs etwa nach Zahl und Anordnung bestimmte Kerben als ausschliesslich oder vorzugsweise zur Hervorbringung neuer Pflanzen geeignet betrachten darf. Zwar scheint auf den ersten Blick zu Gunsten einer solchen Annahme die Ausbildung des ganzen Blattes zu sprechen, obgleich jedoch nach meinen Untersuchungen über die Entwicklung des Blattes von *Bryophyllum* die der Blattspitze

*) Ausführlicheres hierüber findet sich in den Mittheilungen über die Entwicklung des Blattes im II. Theile.

zunächst gelegenen Kerbzähne von allerältestem und die basalsten vom jüngsten Ursprunge sind, so habe ich dennoch nur bei der geringeren Menge der kultivirten Blätter die allerersten Knospen aus den apicalen Kerben, bei anderen hingegen aus solchen von irgend einer mittleren oder basalen Partie entstehen sehen. Entsprechend den genetischen Verhältnissen sind ferner die einzelnen Randtheile der vorderen Blattpartie zwar meist die am stärksten entwickelten, trotzdem aber die an ihnen entstehenden Pflänzchen durchaus nicht stets die kräftigsten.

Für alle Fälle jedoch, wo ein Pflänzchen im Entstehen begriffen ist, geht dem sichtbareren Hervortreten des Knöspchens eine üppigree Wurzel-Entfaltung voraus; es entstehen eine oder meist sogar mehrere Wurzeln, welche oft schon zu einer Länge von einigen, nicht selten von über zehn Millimeter heranwachsen, bevor das Knöspchen im Grunde der Kerbe sich mit einer Loupe eben erkennen lässt. *Taf. I Fig. 1.* Die Wurzeln bilden sich in den meisten Fällen an den mit der untern Fläche gegen den feuchten Sand gekehrten Blättern zuerst oder ausschliesslich an jener; nicht selten jedoch sprossen ein oder mehrere Wurzeln auch aus der oberen Blattfläche hervor, durch ihr weiteres Wachsthum sich in senkrechter oder etwas geneigter Richtung vom Boden des Treibbeetes entfernend, *Taf. I Fig. 1*, indessen habe ich nie gesehen, dass diese in der Luft emporwachsenden Rhizome eine so kräftige Ausbildung erlangten, wie die nach abwärts gewendeten, welch' letztere sich zwischen die Sandtheilchen einschoben, dort sich bedeutend verlängerten und verästelten, während die andern zu Grunde gegangen waren, lange bevor die Pflänzchen in Töpfe versetzt wurden. In den allgemeinen Charakteren bezüglich Hauben- und Trichom-Bildung stimmen diese vergänglichen Rhizome mit den bleibenden überein. Die Wurzelbildung ist übrigens nicht auf die untere und obere Blattfläche beschränkt, man sieht am Blattrande, selbst aus den tiefsten Stellen der Einschnitte Wurzeln hervorwachsen und in einer den Blattflächen parallelen Richtung sich ausdehnen. Dass Wurzeln oft gleich nach der ersten Entfaltung der Knospe an

deren im Mutterblatte befindlichen Basis seitlich in Ein- oder Mehrzahl entstehen, bedarf eigentlich kaum der Erwähnung.

Während also die Rhizome an verschiedenen Orten des Blattes sich herausbilden, geschieht dies bei den Adventivknospen nur an einer Stelle, d. i. aus dem Grunde der Kerben, und zwar in einer zu den Blattflächen parallelen Richtung, wobei die Theile ihrer zwei ersten Blättchen eine mit denjenigen des Mutterorgans übereinstimmende Lage haben. *Taf. I Fig. 1.* Eine auf beiden Primordialblättchen senkrechte Ebene steht also auch auf dem Mutterblatte senkrecht. Diese ursprünglich horizontale Stellung der Adventivknospe wird natürlich bald durch das Bestreben, sich der Lichtquelle zuzuwenden, modificirt. Selbstverständlich ist, dass die Knospe in irgend einer andern als der gewöhnlichen Anordnung entsteht, wenn vor ihrem Austritt an der gleichen Stelle eine Wurzel am Blattrande entsprang, sie bricht dann an einer mehr der oberen Blattfläche zugelegenen Stelle hervor.

Das bisher Gesagte gilt für Blätter, welche zu ihrer vollen Grösse herangewachsen sind; die mikroskopischen Beobachtungen über die erste Anlage der Knospen an Blättern verschiedener Altersstufen *) mussten indessen die Vermuthung rege werden lassen, dass auch aus solchen Blättern, deren Ausbildung noch nicht ganz vollendet ist, Pflanzen erzeugt werden können. Und in der That habe ich aus Blättern, welche vom Spross abgeschnitten wurden, als sie etwa zwei Drittel ihrer muthmasslichen Grösse erlangt hatten, neue Individuen sich entwickeln sehen. Ferner erzog ich solche aus Bruchstücken von Blättern, und besonderer Erwähnung verdient noch der Fall, wo ein Blatt, welches bereits einer ausgedehnteren mikroskopischen Untersuchung gedient hatte, und an welchem während derselben die tiefsten Stellen sämtlicher primären oder Hauptkerben herausgeschnitten worden waren, in der Folge noch aus mehreren secundären junge Pflanzen erzeugte. Da es sowohl für die stetige Beobachtung, als auch für die mikroskopische Untersuchung von Wichtigkeit hätte sein müssen, wenn die Mutterblätter und an ihnen sich bildende

*) Vergleiche pag. 8—14.

Knospen in jeder Weise ausser Berührung mit dem Sand geblieben wären, so habe ich nicht unterlassen, auch in der feuchten warmen Atmosphäre des Treibbeetes Versuche mit Blättern anzustellen. Es hat sich durch dieselben zwar ergeben, dass die unter solchen Verhältnissen cultivirten, mit der untern Fläche nach abwärts gekehrten Blätter sich anfangs ganz so verhalten, wie alle andern dem Sand unmittelbar aufliegenden, dass also auch in ihnen das „Urparenchym“ zur Weiterentwicklung gelangt, meist aber frühzeitig die entstandenen Wurzeln zu Grunde gehen, und dem entsprechend die etwa bereits hervorgebrochenen Adventivknospen auch wieder absterben. In einigen Fällen erschienen zwar nach dem Absterben der ersten Wurzeln neue, welche aber ebenfalls bald abstarben, diese Neubildung von Wurzeln wiederholte sich während mehrerer Wochen, so dass auch die Pflänzchen sich kräftiger ausbildeten, nachdem letztere jedoch drei oder vier Blattpaare entwickelt hatten, gingen auch sie zu Grunde.

An den Blättern einer Anzahl von im gleichen Treibbeete befindlichen Stecklingen von *Bryophyllum* habe ich nie Wurzelbildung beobachtet, welche Thatsache jedoch noch nicht unbedingt gegen die Annahme spricht, dass sich schon junge Pflanzen erziehen lassen, so lange noch das Mutterblatt am Sprosse befindlich ist. Wenn dies auch vielleicht nie unter gewöhnlichen Verhältnissen stattfindet, so steht doch nichts der Annahme entgegen, dass es geschieht, wenn solche Blätter auf feuchtem, warmem Sand oder Erde liegen. Darauf bezügliche Untersuchungen anzustellen, fehlte es mir später leider an geeignetem Material.

I. Theil.

I. Abschnitt.

Die Entstehung der Knospen am Blatt.

In diesem Abschnitte haben wir die Pflänzchen von den jüngsten Stadien an bis zu dem Zeitpunkte zu verfolgen, wo ihre beiden ersten Blättchen sichtbar werden. Die Anlagen der Knospen erkennt man ohne grosse Schwierigkeiten bereits an noch sehr jungen Blättern. Von völlig erwachsenen Blättern ausgehend, habe ich im Fortgange solche des verschiedensten Alters untersucht und mich überzeugt, dass die Anlagen der Knospen in den Blättern eines Paares bereits zu einer Zeit vorhanden sind, wo noch kaum eine Andeutung des nächst jüngern Blattpaares wahrzunehmen ist, das Mutterorgan also durchschnittlich erst sieben Millimeter Länge hat. Die Prüfung so früher Blattzustände kann für den Zweck vorliegender Arbeit genügen; von noch weiter zurückgehenden Beobachtungen war kaum zu hoffen, dass sie die erste Anlage der Knospen in wesentlich noch einfacherer Form erscheinen lassen würden.

Das Verfahren, von welchem die besten Aufschlüsse über die Knospenbildung zu erwarten sind, war durch die Stellung der Primordialblätter am Rande des Mutterorgans von vornherein angezeigt, es bestand vorzugsweise in senkrecht zu dessen Fläche sowie Rand durch den Grund der Kerben geführten Schnitten, diese müssen je nach der Gestalt der angrenzenden Kerbzähne in einer mehr oder weniger von der Spitze nach der Basis des Blattes gehenden Richtung geführt werden.*)

*) Gar nicht selten geschieht es dabei, dass sich in Folge der Berührung mit dem Messer gewisse Zellen oder ganze Gewebepartien violett bis bräunlich färben, und so ein im Uebrigen gutes Objekt an Werth verliert, oder letzteres wird wohl auf Zusatz von Kalilösung in ähnlicher Weise getrübt,

An zur Fläche senkrechten Schnitten der jüngsten Blätter erkennt man zunächst im Grunde der Kerbe, etwa in der Mitte des Blattrandes, eine schwache Einsenkung oder seichte Vertiefung, welche in Richtung des Schnittes von dem Gewebe der obern und untern Blattfläche überwallt wird, *Taf. II Fig. 5*, seitlich begrenzen sie die Ränder der benachbarten Kerbzähne, welche sich gerade bei jungen Blättern häufig so eng aneinander drängen, dass es nicht gelingt, Präparate zu erhalten, welche ein untrügliches Bild des Sachverhaltes bieten. Ferner erblickt man dem Blattrande am nächsten gelegen zwei Gewebepartien, welche sich sehr deutlich von dem an der oberen Blattfläche liegenden, sowie von dem an das Blattinnere grenzenden Parenchym durch die Beschaffenheit ihrer Zellen unterscheiden lassen. Das eine, unmittelbar in der Einsenkung gelegene, zeichnet sich durch sehr kleine und zartwandige, polyedrische, keine Interzellularräume bildende, nur farbloses Protoplasma führende Zellen aus und lässt durch diese Eigenschaften keinen Zweifel über seine meristematische Natur, während das andere, mehr nach der unteren Blattfläche gelegene, ebenfalls interstitienfreie und farblose aus etwas grösseren Zellen besteht, deren Wände deutlich collenchymatisch verdickt und deren Lumina dem entsprechend vollkommen abgerundet sind. Die dem erstbeschriebenen Gewebe unmittelbar angrenzenden Parenchymzellen sind relativ klein, sowie arm an Chlorophyll und vermitteln so nach allen Richtungen den Uebergang zu dem grosszelligen, mit weiten In-

statt im Gegentheil mehr aufgehellte zu werden. Es mag bei dieser Gelegenheit erwähnt werden, dass ich die meisten für feinere mikroskopische Untersuchungen bestimmte Präparate von Blättern und Stengeltheilen während einer je nach der Beschaffenheit des Objectes wechselnden Zeit mit Kalilösung behandelte und später in verdünntes Glycerin legte, welches sich in einem Raume befand, in dem es durch Hinzustellen eines Chlorcalciumschälchens allmählich verdickt wurde. Auf diese Weise gelang es, in vielen Fällen sehr klare Bilder zu erhalten, in manchen, namentlich bei jüngsten Pflanzentheilen, musste wegen allzustarken Färbens bei Anwendung von Kali, von diesem Mittel abgesehen werden, es wurden dann die durch die Pumpe von Luft befreiten Schnitte wie oben angegeben mit Glycerin behandelt. Bezüglich der durch das Messer oder durch Kali hervorgebrachten Farbenerscheinungen wolle man die Mittheilungen im II. Theile vergleichen.

terzellularräumen versehenen, chlorophyll- und stärkereichen Parenchym; es geschieht dies ausserdem noch durch eine mehr oder weniger deutlich und am besten auf Flächenschnitten erkennbare strahlige Anordnung aller Zellen um den Grund der Kerbe herum. Etwa an einem mittleren oder auch näher der unteren Fläche gelegenen Theile des meristematischen Gewebes legt sich ein aus dem Innern des Mutterorgans kommender Gefässstrang an, welcher bei den jüngsten Blättern oft fast den Blattrand berührt, weil bei ihnen an dieser Stelle nur erst sehr wenige der kleinen Zellen liegen. Nach aussen begrenzt diese beiden Zellencomplexe eine einfache Schicht, die junge Epidermis, welche sich unmittelbar in der Vertiefung der Kerbe am wenigsten scharf von den Elementen des darunter liegenden Meristems abhebt, da sie an dieser Stelle ebenfalls aus sehr kleinen, allseitig zartwandigen und isodiametrischen Zellen besteht; nach der oberen und unteren Blattfläche gehen indessen ihre Zellen durch allmähliche Grössenzunahme, Beginn von Cuticularisirung und Hervorwölben der cuticularisirten Membranen in die gewöhnliche Form der Epidermis über, meist langsamer in Richtung der unteren Blattfläche, indem sie auch über dem Collenchym oft noch relativ klein und zart sind.

Ueber die Bedeutung des collenchymatischen Gewebes ist mir während meiner Untersuchung eigentlich nur Negatives bekannt geworden, indem ich mich überzeugt habe, dass es sich weder an der Bildung der Adventivknospen, noch an derjenigen der Wurzeln irgendwie betheiligt, also zur Erzeugung eines Theils der jungen Pflanze in keiner Weise beiträgt. Vielleicht übt es anfangs einen schützenden Einfluss auf das erste sich nach abwärts bildende Rhizom aus, man findet es auch an vorgerückteren Entwicklungsstadien der Pflänzchen oft noch deutlich gesondert vom anderen Gewebe, an der Durchbruchsstelle der Wurzel. *Taf. III Fig. 9.* Da also das meristematische Gewebe allein die wichtige Rolle der Erzeugung von Knospen am Blatte übernimmt, so ist es nicht unbegründet, ihm eine besondere Bezeichnung beizulegen, was sich auch zum Zwecke einer bequemerem Ausdrucksweise für die folgende Darstellung

empfiehlt. Um jedoch die Nomenclatur nicht überflüssiger Weise mit einem neuen Namen zu bereichern, will ich den Ausdruck **Bildungsgewebe** der Blattkerben anwenden. Diese Bezeichnung kann zu keiner Verwechslung Anlass geben, da in diesem Abschnitte von einem Bildungsgewebe gleichzeitig in keinem anderen Sinne die Rede sein wird, und andererseits besitzt das die Adventivknospe erzeugende Gewebe in der That in ausgesprochener Weise den Charakter eines Bildungsgewebes. Das hier sogenannte Gewebe dürfte jedenfalls mit dem von Hrn. Prof. Dr. **Hofmeister** als „Urparenchym“ aufgeführten vollkommen identisch sein, da nach dem Wortlaute seiner Angabe nicht anzunehmen ist, dass das von mir als Collenchym aufgefasste Gewebe in dem „Urparenchym“ mit inbegriffen sei, es dürfte vielmehr der geehrte Forscher bei seinen Untersuchungen über die Bildung der adventiven Knospen von *Bryophyllum calycinum* das Collenchym zunächst ausser Berücksichtigung gelassen haben. Ich hätte zwar auch den Ausdruck „Urparenchym“ anwenden können, ohne die Klarheit der Darstellung zu beeinträchtigen, jedoch lässt Urparenchym eine zu wenig allgemeine Deutung zu, um für alle Entwicklungszustände des die Adventivknospen erzeugenden Gewebes gleich passend gebraucht werden zu können.

Vergleicht man auf Schnitten der jüngsten Blätter das Bildungsgewebe mit demjenigen des Collenchym, so erkennt man sogleich, dass letzteres an Ausdehnung überwiegt, indem es sich auf Durchschnitten senkrecht zum Blattrande als ein sieben bis neun Zellen langer Streifen von der untern Partie der Vertiefung unter der Epidermis einer ganzen Hälfte des Blattes hinzieht und sich auch noch etwas an der untern Fläche desselben fortsetzt. *Taf. II Fig. 5.* Auf einer späteren Entwicklungsstufe der Blätter gleicht sich jedoch diese Volumendifferenz nicht nur aus, sondern es wird das Bildungsgewebe weit umfangreicher, *Taf. II Fig. 7* u. *Taf. III Fig. 8*, indem in ihm eine lebhaftere Zellvermehrung und ein viel intensiveres, andauernderes Wachsthum stattfindet, als im Collenchym zu beobachten ist. Dieses hat auf senkrecht zur Blattfläche geführten Schnitten stets in einem mittleren Theile die grösste Aus-

dehnung und besteht an dieser Stelle in ganz jungen Blättern, *Taf. II Fig. 5*, schon aus einer drei bis vier Zelllagen breiten Schicht, während man an völlig ausgewachsenen, *Taf. III Fig. 8*, kaum mehr als fünf derselben zählen kann. Der Umstand, dass das Collenchym anfangs gegenüber dem Bildungsgewebe vorherrscht, scheint für eine zeitlich ungleiche Genesis der beiden Gewebe zu sprechen, es lag jedoch nicht im Zwecke vorliegender Arbeit, die Frage der Erstlingsentstehung eines derselben noch weiter durch mikroskopische Untersuchungen, welche jedenfalls ziemlich zeitraubender Art gewesen wären, zu ergründen.

Schon auf Schnitten von nur etwa neun Millimeter langen Blättern findet man das Bildungsgewebe stärker entwickelt und bemerkt an ihm einen Unterschied in der Grösse der es zusammensetzenden Zellen, indem deutlich in einer mittleren Partie der Vertiefung der Kerbe — und zwar unmittelbar zu äusserst am Blattrande — eine grössere oder geringere Anzahl kleinster, besonders zartwandiger Zellen liegen; diese machen durch ihre Anordnung vollkommen den Eindruck des Scheitels eines werdenden Pflanzentheils und mögen ganz besonders den Zuwachs des Bildungsgewebes an neuen Elementen bewirken. Durch die Vermehrung und das Wachsthum aller Zellen des Bildungsgewebes erfährt auch die Einsenkung eine Erweiterung, und erscheint das Collenchym etwas mehr nach der unteren Blattfläche hingedrängt; beide Gewebe sind jetzt einander an Umfang annähernd gleich. Die anderen Verhältnisse, welche bei der ersten Beschreibung aller im Grund der Kerbe liegenden Gewebe besprochen wurden, hier nochmals zu berühren, wäre überflüssig, weil sie bis zu einer gewissen Entwicklungsstufe des Bildungsgewebes annähernd die gleichen bleiben, es mag daher hier nur noch des Gefässbündelverlaufes mit einigen Worten erwähnt werden. Da der aus dem Blattinnern kommende Strang ungefähr an der Grenze des chlorophyllführenden Parenchyms aufhört, so lange die Knospensbildung nicht zu vorgeschritten ist, so liegt schon auf diesem immerhin noch sehr jungen Stadium sein Ende bereits der Epidermis etwas ferner, als im erstbe-

sprochenen Fall. An einer ihr meist genähertern Stelle erkennt man oft noch die Querschnitte einer wechselnden Anzahl von Gefässen, welche andeuten, dass ausser dem ungefähr in gerader Richtung auf den Grund der Kerbe zulaufenden Strange noch seitlich verlaufende Gefässbündel auftreten, auf Blattflächenschnitten sieht man denn auch vom Ende des Hauptstranges nach den benachbarten Kerbzähnen Seitenstränge sich abzweigen*).

Mit dem fortschreitenden Wachsthum des Mutterblattes gewinnt auch das Bildungsgewebe an Ausdehnung, seine als Scheitelregion bezeichnete Partie nimmt einen im gleichen Verhältniss grösseren Raum ein und hebt sich von der Masse seiner anderen Zellen noch deutlicher ab. Das gegenüber dem Bildungsgewebe relativ stets geringer an Umfang erscheinende Collenchym wird immer merklicher nach der unteren Blattfläche verschoben, so dass es den Anschein gewährt, wie wenn dasselbe eine Abnahme an dem der Einsenkung nächst liegenden Theile, am entgegengesetzten Ende aber einen Zuwachs von den ihm dort anliegenden Parenchymzellen erfahren würde. Diese augenfälligere Veränderung der Lage des Collenchyms wird namentlich dadurch eingeleitet, dass im Bildungsgewebe besonders starke Zellvermehrung und Wachsthum in Richtung nach der unteren Blattfläche stattfindet, wesshalb jetzt an dieser Stelle das Bildungsgewebe mehr als an allen andern hervortritt, wodurch die Gestalt der Vertiefung eine abermalige Veränderung erfährt.

An ungefähr auf einem mittleren Stadium ihrer Ausbildung angelangten Blättern beginnt in der als Scheitelregion bezeichneten Partie des Bildungsgewebes ein lebhafteres Wachsthum; dasselbe ist am intensivsten in einem der unteren Blattfläche genähernten Theile und nimmt von da nach der oberen zu an Stärke ab. In Folge hiervon kann natürlich die Einsenkung

*) Die Beziehungen der in der Umgebung des Bildungsgewebes auftretenden Fibrovasalstränge zum gesammten Adernetz des Blattes und namentlich ihr Verhalten gegenüber den nach der Spitze der Kerbzähne laufenden secundären und tertiären Nerven können erst im II. Theile nach Mittheilung der Untersuchungen über die Tropfenbildung eine einlässlichere Besprechung finden.

nicht mehr ihre bisherige breite, seichte Form beibehalten, sondern wird eingeschnürter und schmaler, nimmt aber zugleich auch nicht mehr genau die mittlere Partie des Blattrandes ein, sondern hat jetzt eine der oberen Seite des Mutterorgans etwas genäherte Lage. *Tafel II Fig. 6.*

Die bisher nicht hervorgewölbte Scheitelregion des Bildungsgewebes tritt nun am Blattrand, und zwar an der Stelle, wo ursprünglich bei den jüngeren und jüngsten Blättern, *Taf. II Fig. 5*, eine einfache Vertiefung zu beobachten war, hervor. Dadurch hebt sich dieser Theil des Bildungsgewebes als ein wirklicher Scheitel ab, welchen wir zur bessern Unterscheidung vom eigentlichen Knospenscheitel sowie noch andern, in seiner Nähe sich bildenden, als primären bezeichnen wollen, und welcher in der Folge zum ersten Blättchen der Adventivknospe wird. *Taf. II Fig. 7 F.* Dies erste der beiden Primordialblätter kann man oft schon an noch nicht völlig erwachsenen Mutterblättern wahrnehmen. Untersucht man jedoch eine grössere Anzahl Kerben von erwachseneren Blättern annähernd gleichen Alters, so überzeugt man sich, dass nicht nur Bildungsgewebe verschiedener Blätter, sondern auch diejenigen ein und desselben Blattes einen auffallend verschiedenen Grad der Ausbildung besitzen, indem einige noch nicht das im vorletzten Falle beschriebene, in *Fig. 6* auf *Taf. II* dargestellte Stadium der Entwicklung überschritten haben, bei anderen hingegen die Epidermis in sehr verschiedenem Masse aufgetrieben ist. *Taf. II Fig. 7* und *Taf. III Fig. 8.* Der Umstand, dass an dem gleichen Blatte die einzelnen Bildungsgewebe nicht selten eine so ungleich hohe Entwicklungsstufe erlangt haben, dürfte vielleicht am einfachsten das zeitlich oft so ungleiche Erscheinen der an ihm auftretenden Knospen erklären, da ja nicht anzunehmen ist, dass die ihr Hervorbrechen befördernden Momente an verschiedenen Orten des Treibraumes und wohl gar an den einzelnen Stellen desselben Mutterblattes merklich ungleiche waren. Es ist selbstverständlich, dass man eine verschieden hohe Ausbildung der Bildungsgewebe von Blättern desselben

Alters auch an erst weniger erwachsenen beobachten kann, nur ist sie hier natürlich weniger augenfällig.

Durch die weitere Entwicklung des Bildungsgewebes erhält der Rand der Kerbe abermals eine wesentlich andere Gestalt, seine schon früher der oberen Blattfläche näher gedrängte Einsenkung, *Taf. II Fig. 6*, welche wir jetzt als primäre bezeichnen wollen, wird noch schmaler und vertieft sich noch mehr, *Taf. II Fig. 7*. und *Taf. III Fig. 8*, und unterhalb des primären Scheitels kann sich eine zweite, seichtere Vertiefung bilden. *Taf. II Fig. 7 x*. Das sein bisheriges Volumen nicht mehr merklich ändernde Collenchym liegt jetzt dem Blattrande nur noch mit sehr wenigen Zellen an, indem es in all seinen Theilen an die untere Fläche gerückt ist. *Taf. II Fig. 7*.

Es offenbart also das Bildungsgewebe bereits an noch nicht völlig erwachsenen Blättern deutlicher den Knospenzustand. Die anfangs als flach vorgewölbter Scheitel am Rand des Mutterblattes auftretende erste Blattanlage erfährt in der Folge namentlich in einer der Fläche des Mutterorganes etwa parallelen Richtung eine beträchtliche Grössenzunahme, und gleichzeitig mit diesem Vorgange wird im Grunde der sich dadurch noch mehr vertiefenden primären Einsenkung ein, zwar noch nicht sich vorwölbender, secundärer Scheitel angelegt, indem sich an dieser Stelle eine Anzahl kleinster Zellen deutlich von dem anliegenden Gewebe abhebt. *Taf. III Fig. 8 f*. Auch dieses Stadium habe ich mehrfach an noch nicht völlig ausgewachsenen Blättern beobachtet. Oft erst nachdem die primäre Erhebung eine ziemlich bedeutende Grösse erreicht und sich zugleich allmählig der oberen Fläche des Mutterorgans schwach entgegen gebogen hat und dadurch sich deutlicher als Blatt offenbart, jedenfalls aber ausnahmslos zeitlich später, beginnt an dem secundären Scheitel ebenfalls ein intensiveres Wachsthum, wodurch jetzt eine förmliche Hervorragung, das zweite Primordialblättchen, erzeugt wird. *Taf. III Fig. 9 f*. Die bisher einfache primäre Einsenkung wird auf diese Weise gleichsam halbirt, und der Rand der Kerbe erhält zwei sehr tiefe, viel schmalere Einschnitte, von denen

der eine zwischen der oberen Blattpartie, *Taf. III Fig. 9 s*, und der secundären Erhebung, *Taf. III Fig. 9 f*, der andere zwischen dieser und der primären, *Taf. III Fig. 9 F*, liegt. In dem Einschnitte zwischen der primären und secundären Erhebung nimmt man den eigentlichen Knospenscheitel, *Taf. III Fig. 9 v*, als eine Gruppe kleinster Zellen wahr.

In den vorstehenden Beschreibungen, *Taf. III Fig. 9* obere Hälfte, haben wir eine Vorstellung von dem Ausbildungsgrade des Knöspchens gewonnen, wie man ihn nicht selten schon an erwachsenen, noch am Sprosse vegetirenden Blättern finden kann. Wiewohl über die Bedeutung der im Grunde der Kerbe erzeugten Gebilde nach dem Mitgetheilten kein Zweifel herrschen kann, so mag doch noch darauf hingewiesen werden, dass bei der erstmaligen Wahrnehmung der Entstehung der primären und secundären aus dem meristematischen Gewebe sich bildenden Erhebung nicht sogleich deren wahre Natur erhellt, diese vielmehr sowohl für den primären als auch für den secundären Scheitel so lange zweifelhaft bleibt, bis jeder von beiden einen gewissen Grad der Ausbildung erlangt hat. Abgesehen davon, dass es bei ungünstigen Schnitten den Schein haben kann, als seien die zwei Erhebungen endogenen Ursprunges und also vielleicht Wurzelgebilde, so ist die Annahme, der zuerst sich hervorwölbende Scheitel sei überhaupt der Vegetationspunkt der Knospenachse, so lange eine berechnigte, als derselbe nur erst mit schwacher Wölbung und allseitig ungefähr gleich gestaltet aus einer mittleren Partie der Einsenkung hervorragt, *Taf. II Fig. 7 F*, und auch wohl so lange noch zulässig, als neben ihm noch keine Spur eines zweiten Vegetationspunktes deutlicher bemerkbar ist. Ist nicht nur der eine Scheitel, der primäre, weiter ausgebildet, sondern auch zwischen ihm und dem vorspringenden oberen Mutterblattrande ein zweiter, der secundäre, erzeugt, *Taf. III Fig. 9*, so kann die Blattnatur eines der beiden Scheitel nicht bestritten werden, und es liegt am nächsten, den erstentstandenen Scheitel wegen Gestalt und Lage als Blatt aufzufassen, aber es bleibt noch zu entscheiden, ob der später sich hervorwölbende, der secundäre, der Scheitel der Knospe oder auch nur der-

jenige eines Blattes sei. Erst sein weiteres Wachsthum löst auch diese Frage.

Bevor wir die Knospenbildung von *Bryophyllum* weiter verfolgen, mag die Entstehung der Wurzel kurz Erwähnung finden. Es wurde schon darauf hingewiesen, dass die Wurzeln an den auf Sand liegenden Blättern am Grunde der Kerbe hervorbrechen, bevor man noch die Knospe zu erkennen vermag; es ist aber auch gezeigt worden, welche bedeutende Ausbildung die Knospe an dem noch am Sprosse befindlichen Blatte erlangen kann, ohne dass von einer gleichzeitig stattfindenden Anlage eines Rhizomes bis jetzt die Rede war. Und wirklich habe ich eine solche auch nie wahrgenommen, so oft die Untersuchungen an Blättern angestellt wurden, welche der Pflanze eben entnommen waren. *Taf. III Fig. 8.* *) Aus dieser Thatsache lässt sich der einfache Schluss ziehen, dass, so lange sich die Blätter noch an ihrem Tragorgane befinden, nur Knospentheile angelegt, aber noch keine Wurzeln gebildet werden. Diese Wurzelanlage erscheint vielmehr erst dann zu erfolgen, wenn auf die vom Stengel abgelösten Blätter eine kurze Zeit Boden- oder Luftfeuchtigkeit, sowie erhöhte Wärme einwirkte**); ist die Wurzel indessen einmal in ihren ersten Anfängen vorhanden, so überwiegt anfangs ihr Wachsthum dasjenige des Knöspchens. *Taf. I Fig. 1.* Durch diese Erscheinungen erinnert der Act der Erzeugung junger Pflanzen aus den Blättern von *Bryophyllum* an die Wachstumsprocesse, welche bei der Ausbildung und Keimung von Samen stattfinden. Neben so vielen Analogien können die beschriebenen Wachstumsprocesse in keiner Weise mehr befremden. Zwar macht *Bryophyllum* bezüglich dieser zeitlich verschiedenen Genesis der Knospe und des Rhizoms keine auffallende Ausnahme von Pflanzen mit ähnlicher Vermehrungsart, jedoch tritt dieselbe nach bis zur Zeit gemachten Beobachtungen kaum anderswo im Gewächsreich so klar hervor; sie dürfte bei *Bryophyllum* am leichtesten zu beobachten sein, weil bei dieser Pflanze

*) Vergleiche das Ende der Erklärung von Fig. 9.

**) Vergleiche pag. 7.

die Momente der Anlage beider Glieder durch relativ sehr bedeutende Zeiträume, nämlich durch ganze Jahre von einander getrennt sein können.

Trotz der frühzeitigen Bildung des Knöspchens am Mutterblatte scheint die erste Wurzel doch nicht aus Theilen des Bildungsgewebes zu entstehen, sondern vielmehr aus dem dem Blattrande nahe liegenden Cambium, oder wenigstens aus diesem seitlich unmittelbar angrenzenden Partien hervorzugehen, worauf auch oft der Verlauf der Gefässstränge an jener Stelle hindeutet. Man sieht nämlich nicht selten den aus dem Blättern nach dem Grunde der Kerbe laufenden Hauptgefässstrang eine schwächere oder stärkere Biegung nach der unteren Blattfläche machen, also deutlich dorthin sich wenden, wo in der Mehrzahl von Fällen das erste Rhizom hervorbricht.

Wie die ersten, so entstehen auch noch später Wurzeln aus dem Hauptstrange oder auch aus den in der Nähe der Kerbeinschnitte von ihm abzweigenden Nebensträngen, und da solche in der Folge auch aus dem Cambium der jungen Pflanze an ihrer im Mutterblatte befindlichen Basis entstehen können, so erklärt sich leicht die grosse Zahl der an der unteren Blattfläche befindlichen Wurzeln, und es erhellt die Schwierigkeit, die Entstehung jeder einzelnen aufzuklären. Da der Hauptstrang des Mutterblattes oder die Nebenstränge der Vereinigungspunkt der Gefässbündel der Knospe und Wurzeln sind, so erscheint in spätern Entwicklungsstadien der Pflänzchen der Hauptstrang an seinem Ende vielfach getheilt. *Taf. I Fig. 2.*

Am Schlusse dieser Auseinandersetzungen mag noch darauf hingewiesen werden, dass Schnitte durch vorgerücktere Entwicklungsstadien des Bildungsgewebes nicht selten den Eindruck machen, als sei die Entstehung der Knöspchen von *Bryophyllum endogen*.*) Bei der Entwicklung der Primordialblätter wird natürlich auf das benachbarte Gewebe des Mutterblattes ein Druck ausgeübt, welcher die Continuität der alle äussern Partien überziehenden Epidermis gerade an den Stellen leicht unklar macht,

*) Vergleiche pag. 9 und 16.

wo die Aussenseite der Blattanlagen an jene angrenzt. Ferner bleiben häufig an den Präparaten dünne Lamellen haften, welche von den die Kerbe bildenden Rändern zweier Zähne herrühren, so dass das Knöspchen mehr oder weniger von Gewebetheilen unregelmässiger oder zerrissener Conturen umlagert ist. Noch kritischer wird begreiflich die Aufgabe, wenn bereits eine Wurzel ausgetreten ist. Als einziges Mittel, solchen Irrungen vorzubeugen, sowie möglichst schnell und sicher ein Bild des wahren Sachverhaltes zu gewinnen, empfehlen sich schon aus den angegebenen Gründen sehr dünne Schnitte. Bei Anfertigung derselben habe ich mich vor der jedesmaligen Anwendung des Messers mittelst Lupe über die Beschaffenheit des Objectes orientirt und so häufig je die geeigneteste Stelle der Kerbe herauspräpariren können.

II. Abschnitt.

Die Blattanlage an den jungen Pflanzen und an älteren Sprossen.

Wir haben gesehen, dass die zwei ersten Blättchen der jungen Pflanze nicht gleichzeitig entstehen. *Taf. II Fig. 7 und Taf. III Fig. 8 und 9.* Diese zeitliche Verschiedenheit ist nicht in allen Fällen eine gleich grosse, sie scheint aber in der Mehrzahl eine ziemlich bedeutende zu sein. Dies Verhalten der Primordialblätter mag zwar zunächst eigenthümlich erscheinen, wenn man für die weiter sich entwickelnde Pflanze, entsprechend ihrem äussern Habitus, von vornherein eine streng opponirte Blattstellung annimmt. Wenn man jedoch die Umstände erwägt, unter denen die Primordialblätter sich bilden, so gewinnt es den Anschein, dass hier eine Erscheinung vorliege, welche den von manchen Botanikern aufgestellten Ansichten über die Ursache der Blattstellung bei den verschiedenen Gewächsen entsprechen dürfte. Ganz abgesehen davon, ob die Annahme „die Blätter einer Pflanze entstehen dort, wo der jedesmalige geringste Widerstand geboten wird,“ im Pflanzenreich allgemein an-

wendbar sei, so bricht doch bei *Bryophyllum* das erstangelegte der Primordialblätter an einer Stelle des Mutterorgans hervor, wo ihm die Entstehung am wenigsten erschwert sein dürfte*). Denn indem am jungen Mutterblatte sich das Bildungsgewebe am kräftigsten nach dessen unterer Seite entwickelt, tritt es hier am meisten am Blattrande hervor, und es stellen sich meistens an der oberen Blattfläche, wie auch seitlich der Blattentwicklung grössere Hindernisse entgegen, als dies an der untern Blattfläche der Fall ist. Ausser diesen von der Gestalt der Kerbe abgeleiteten Verhältnissen lässt sich für den Ort der Anlage des ersten Primordialblattes auch noch die verschiedenartige Beschaffenheit der an den beiden Blattflächen dem Bildungsgewebe angrenzenden Zellen geltend machen, denn es ist nicht unmöglich, dass das Collenchym einen gewissen Einfluss auf die Art der Knospenbildung ausübt. Nimmt man nur die Gestalt der Einsenkung als Ursache der zeitlich ungleichen Genesis der Primordialblätter an, so kann es nicht auffallen wenn einmal beide sogleich bei ihrer ersten Entwicklung von fast derselben Grösse sind, was zwar nur selten vorkommt, aber natürlich eine nahezu gleichzeitige Anlage voraussetzt. Diese unbedeutende Ungleichheit in der Anlage der Primordialblätter ist von Wichtigkeit für die Entstehungsart der beiden Glieder eines Blattpaares späterer Entwicklungsstadien der Pflanze.**)

Es bedarf übrigens nicht des mühevollen Präparirens mit dem Messer, um sich davon zu überzeugen, dass die Primordialblätter bei *Bryophyllum* weitaus am häufigsten nicht simultan sind. Wohl schon mit blossem Auge, sicher aber mit einer gewöhnlichen Lupe erkennt man nämlich bei Beginn des Hervorbrechens der Adventivknospen sehr deutlich, dass das gegen die untere Seite des Mutterorgans gelegene Blättchen das grössere und somit aller Wahrscheinlichkeit nach auch das ältere ist. Zu diesem Moment kommt noch ein anderes, wodurch die Primordialblätter in Bezug auf einander und allerdings

*) Vergleiche Seite 13 unten.

**) Vergleiche pag. 26.

auch Beide zusammen gegenüber allen anderen Blättern von *Bryophyllum* ein ungleiches Verhalten bekunden. Ich habe nämlich an den Pflänzchen, welche in grosser Anzahl im Treibbeete des Laboratoriums unter Verhältnissen vegetirten, die Anlass zum Vergeilen boten, sehr häufig beobachtet, dass die Primordialblätter, welche bei ihrem ersten Sichtbarwerden deutlich einander gegenüber gestellt waren, später nicht auf gleiche Höhe zu stehen kamen, sondern oft so weit auseinander rückten, dass für sie die Bezeichnung opponirt, und wenn sie auch im weitesten Sinne des Wortes gefasst würde, nichts weniger als zutreffend gewesen wäre. Der Abstand der beiden Blätter betrug an nicht wenigen der genannten Pflänzchen zwanzig, ja bisweilen dreissig Millimeter und war nur in seltenen Fällen nahezu verschwindend. Aber nicht bloss an jenen Pflänzchen, sondern auch an den im Gewächshause erzeugten sah man die Primordialblätter am häufigsten nicht auf gleicher Höhe stehen, wiewohl ihre Entfernung von einander hier wegen der geringeren Ursache zum Vergeilen eine mässigere war. Durch diese Neigung auseinander zu rücken, unterscheiden sich die Primordialblätter auffallend von allen später entstandenen Blättern, welche ich nie habe auseinanderrücken sehen, obwohl ich die Pflanzen in die verschiedensten Verhältnisse versetzte. An einigen unter ganz denselben Verhältnissen wie alle andern gezogenen Pflänzchen fand ich die Primordialblätter auf gleicher Höhe, also in der *Bryophyllum* scheinbar eigenen opponirten Blattstellung, die Primordialblätter zeigten also das gleiche Verhalten, wie alle andern Blätter dieser Pflanze.*) Eine entgegengesetzte Beobachtung machte ich an Stengeln, die zum Zweck der Bewurzelung in den Sand des Treibbeetes gelegt wurden; an jenen Stengeln waren nämlich in drei Fällen der Entwicklung von Axillärknospen deren erste zwei Blättchen später nicht opponirt, sondern standen um mehrere Millimeter von einander ab. Ausser den zwischen den Primordialblättern von *Bryophyllum* bestehenden Verschiedenheiten, nämlich der zeitlich ungleichen Gene-

*) Vergleiche pag. 26.

sis und der Neigung auseinander zu rücken, kann man oft noch einen dritten Unterschied an ihnen beobachten. In den meisten Fällen nämlich erhalten sie auch in einem spätern Alter nicht annähernd gleiche Grösse, sondern zeigen weit auffallendere Grössendifferenzen, als in späteren Entwicklungsstadien der Pflanze bei den Gliedern ein und desselben Paares zu beobachten sind. Eine constante Gesetzmässigkeit in dieser Grössenverschiedenheit besteht übrigens nicht, oft bleibt das zur Zeit der ersten Bildung grössere Blättchen, also das erste Primordialblatt, für immer grösser; mindestens eben so oft aber habe ich auch das der Anlage nach jüngere zuletzt kräftiger, d. h. grösser an Umfang und reicher sich gliedern gesehen.

Nachdem wir wegen des eigenthümlichen Verhaltens der Primordialblätter der Knospenbildung von *Bryophyllum* vorausgeeilt sind, wollen wir dieselbe von dem Stadium an weiter verfolgen, wie es in *Fig. 9* auf *Taf. III* dargestellt ist. Die Primordialblätter können zu relativ bedeutender Grösse heranwachsen, bevor am Knospenscheitel selbst die Weiterentwicklung der ganzen Pflanze deutlicher zu werden beginnt, dadurch wird die Scheitelregion der Knospe immer mehr überwallt. *Taf. I Fig. 1* und *2*. Haben die Primordialblättchen ein in den einzelnen Fällen immerhin ziemlich verschiedenes Maas der Ausbildung erlangt, so beginnt auch am Scheitel im Grunde der Einsenkung ein kräftigeres Wachsthum, welches durch Erzeugung zweier stumpf kegelförmigen Erhebungen angezeigt wird, *Taf. I Fig. 1* und *2 f*, welche einander gegenüber und in einer Ebene liegen, die auf derjenigen der Primordialblättchen senkrecht steht, und welche die Anfänge der Blätter des zweiten Paares sind. Es war nun zu untersuchen, erstens, ob auch die Glieder des zweiten sowie aller folgenden Blattpaare in analoger Weise, wie die zwei Primordialblätter, also ungleichzeitig angelegt werden, oder ob nur die Anlage des letzteren nicht nach dem Gesetze der streng wirteligen Blattstellung erfolgt; zweitens, ob auch auf allen spätern Entwicklungsstadien von *Bryophyllum* der eigentliche Scheitel im Wachsthum so bedeutend zurückbleibe, wie dies während der Entstehung der Primordialblättchen der Fall ist. Für diese

Untersuchungen wurden meist Pflänzchen oder Stengelspitzen verwendet, welche in ganz gleicher Weise, wie es im ersten Abschnitte*) für die Blattschnitte angegeben worden ist, mit Kali und Glycerin behandelt worden waren. Dies Verfahren gewährte den Vortheil, dass die aus solchen Objecten gefertigten Schnitte nur ein mittleres Maas der Dünne zu besitzen brauchten, und dennoch an den Präparaten alle Einzelheiten meist mit grosser Schärfe zu erkennen waren.

Bezüglich der ersten Entwicklung zeigen die Blätter aller auf die Primordialblätter folgenden Paare auf den verschiedenen späteren Ausbildungsstufen der aus Mutterblättern erzogenen jungen Pflanze dasselbe Verhalten, wie die Glieder des den Primordialblättern im Alter am nächsten stehenden Paares; das Gleiche gilt für die Blätter jedes Sprosses erwachsenerer Pflanzen. Zur Vermeidung von Wiederholungen sollen daher die folgenden Mittheilungen ganz allgemein die Entstehung der Glieder des zweiten bis nten Blattpaares von *Bryophyllum* enthalten.

Da Schnitte parallel der Berührungsfläche der die Vegetationsspitze der Knospe oder des Sprosses umgebenden Blättchen nicht sicher zuverlässige Untersuchungsobjecte gegeben haben würden, so präparirte ich die Stengelspitze zunächst dadurch frei, dass ich mit dem Messer durch zwei zu den Blattflächen senkrechte Schnitte die überflüssigen, also namentlich die Randpartien der Blättchen möglichst entfernte, so dass das Präparat nachher auf einer von deren Seiten, also auf einer der Wundflächen ruhte, wie dies in *Fig. 4* auf *Taf. II* dargestellt ist. An solchen Objecten nimmt man am Scheitel drei Conturen wahr, welche bei wechselnder Einstellung in bestimmter Aufeinanderfolge, sowie in verschiedenem Grade der Deutlichkeit sichtbar werden. Zwei dieser Conturen sind bei der höchsten und tiefsten Einstellung am deutlichsten bemerkbar, ragen weiter hervor, sind stumpfkegelförmig und lassen sich als die Umrisse zweier neuen Blattanlagen erkennen, *Taf. III Fig. 10.* und *Fig. 11 f* und *f'*; die dritte dieser Con-

*) pag. 9.

turen tritt bei einer mittleren Einstellung am schärfsten hervor und entspricht den Umrissen des zwischen den beiden Blattanlagen eingesenkten Scheitels des Pflänzchens oder des Sprosses. *Taf. III Fig. 10* und *Fig. 11 v.* Dabei habe ich in keinem Falle die Spitzen der Blattanlagen, *Taf. III Fig. 10* und *Fig. 11 f* und *f'*, sich völlig decken sehen, stets ragte vielmehr die eine mehr oder weniger merklich über die andere hinaus. Diese Erscheinung hätte allerdings vielleicht auch durch die Beschaffenheit des Schnittes veranlasst werden, und hier ein Beobachtungsfehler vorliegen können. Obwohl die regelmässige Wiederkehr dieser Erscheinung gegen eine solche Einwendung und für die Richtigkeit der Annahme eines verschiedenen Entwicklungsgrades der jungen Blätter sprach, so habe ich mich dennoch in den meisten Fällen nicht mit jener einen Ansicht des Objectes begnügt, sondern, wo es die Gestalt und Zartheit des Präparates zuließ, die Knospen- oder Stengelspitze in eine zur erstbetrachteten senkrechte Lage zu bringen gesucht. Oefter gelang es nur durch vorsichtiges Lostrennen beider die Knospenspitze umschliessenden Blättchen, *Taf. II Fig. 4 F* und *F'*, dem Rest des Schnittes, an welchem der Scheitel mit den zwei Blattanlagen haftete, eine solche Gestalt zu geben, dass er — durch mancherlei Manipulationen um 90° gedreht und endlich in dieser Lage fixirt — sich nicht wieder in die vorige Stellung umlegte, wie dies in *Fig. 12* auf *Taf. II* abgebildet ist; häufig indessen wurde nur das eine Blättchen losgetrennt, während das andere dem wichtigsten Theile des ganzen Objectes als Unterlage diente. An so zubereiteten Präparaten war noch deutlicher, als bei der ersten Art der Betrachtung die Blattnatur der beiden Erhebungen, *Taf. II Fig. 12 f* und *f'*, sowie ihre gegenseitige Stellung zu erkennen, und es fand die Annahme, dass sie ungleich gross seien, die vollste Bestätigung.

Die Grössendifferenz von in der Entwicklung bereits etwas vorgeschrittenen Gliedern der einzelnen Wirtel, wie sie in *Fig. 11* auf *Taf. III* und in *Fig. 12* auf *Taf. II* dargestellt ist, machte, wie die analogen an den Primordialblättern wahrgenommenen Erscheinungen eine ungleiche Genesis für erstere wahr-

scheinlich und berechtigte in der That zu der Annahme, dass auch auf allen späteren Entwicklungsstadien von *Bryophyllum calycinum* das eine Blatt eines Paares dem andern in der Ausbildung voraneile, was Beobachtungen an den allerjüngsten Stadien von Blattanlagen zweifellos machten. Zu dem Zwecke habe ich möglichst blossgelegte Knospen- und Stengelspitzen in die Lage gebracht, welche sie bei der ersterwähnten Untersuchung einnahmen, und welche durch die *Fig. 10* und *11* auf *Taf. III* veranschaulicht wird; bisweilen war es möglich, auch diese Manipulation noch an den Objekten auszuführen, welche bereits zwei Untersuchungen gedient hatten, ausserdem habe ich jedoch die allerersten Anfänge der Blattanlage noch an besonders zu dem Zwecke angefertigten Präparaten studirt. In den meisten Fällen hatte der Scheitel des Knöspchens oder Sprosses drei schwache Erhebungen, von denen die eine, *Taf. III Fig. 11 v*, in der mittleren Partie, die beiden andern, *Taf. III Fig. 11 π* und *π'* , ihr seitlich und einander gegenüber gelegen waren; die mittlere, *Taf. III Fig. 11 v*, ragte ein wenig stärker als die zwei seitlichen hervor, und diese hatten wiederum einen ungleichen Grad der Ausbildung, wodurch die eine, *π* , mit ihrer Spitze mehr auf gleicher Höhe mit der Spitze der mittleren, *v*, zu liegen schien. Entsprechend diesen drei Erhebungen hatte der Scheitel zwei seichte Vertiefungen, in andern Fällen indessen habe ich nur eine Vertiefung in seiner mittleren Partie, *Taf. I Fig. 2 v*, und zwei seitlich davon befindliche, aber ebenfalls ungleich entwickelte Erhebungen, *Taf. I Fig. 2 π* und *π'* , gesehen, oder aber das Knospenende war breit abgerundet, so jedoch, dass die beiden Hälften des Bogens unsymmetrisch entwickelt waren, indem sich an der einen die Rundung ein wenig höher hinauf erstreckte als auf der andern, und also der Scheitel durch eine einfach gekrümmte, aber, auf die Pflanzenachse bezogen, schief verlaufende Linie begrenzt war.

Aus allen drei Erscheinungen erhellt erstens, dass der eigentliche Scheitel des Pflänzchens oder des Sprosses, welcher natürlich entsprechend der Entstehung der Blätter in der einen Rich-

tung stark verbreitert, in der andern hingegen sehr wenig ausgedehnt ist, zwar meist deutlich bemerkbar ist, aber ein ziemlich unterdrücktes Wachsthum besitzt, anfangs breit rundlich ist, später aber in einer mittleren Partie seiner grössten Ausdehnung schärfer als solcher hervortritt. Durch die Entwicklung der neu angelegten Blätter verliert er bald wieder seine für Vegetationskegel normale convexe Gestalt und wird concav. Erst darauf tritt er neuerdings als schwache Erhebung in entgegengesetzter Richtung zwischen jenen Blättern auf. Bald aber wird der Scheitel durch das vermehrte Wachsthum von zwei einander gegenüberliegenden Stellen abermals überwallt.

Aus allen drei Erscheinungen folgt sodann zweitens, dass die Blattstellung von *Bryophyllum calycinum* nicht in dem einfachen Sinne aufzufassen ist, wie es nach der Betrachtung älterer Blattzustände zulässig erscheint, vielmehr hat die mikroskopische Untersuchung für dieselbe folgendes Gesetz ergeben: Auch die Blattstellung aller auf die Primordialblätter folgenden Blätter ist bei *Bryophyllum* keine im eigentlichen Sinne des Wortes opponirte, es kommen bei dieser Pflanze also streng genommen gar keine echten Blattwirtel vor. Die Blätter bilden vielmehr stets Scheinwirtel, bei denen sich deutlich ein Cyclar- und Cyclurstrahl unterscheiden lässt, welche letztere sich zwar bei den Primordialblättern ganz besonders auffallend und in mehrfacher Hinsicht ungleich verhalten, sich aber auch bei allen späteren Blattpaaren wenigstens zur Zeit der ersten Anlage durch eine ungleichzeitige Entstehung zu erkennen geben.

Es lag nun nahe, für die Cyclarstrahlen successiver Wirtel einer jungen Pflanze oder eines Sprosses einer ältern eine streng gesetzmässige Folge vorauszusetzen, eine Hypothese, welche sich durch meine weiteren Untersuchungen bestätigt hat, und für welche in Folgendem der Beweis geleistet werden soll. Da bei *Bryophyllum* die successiven Blattpaare bezüglich ihrer Anlage durch relativ grosse Zeitintervalle getrennt sind, und die Glieder eines nächst älteren meist zu einem nicht unbedeutenden Grad der Ausbildung gelangen, bevor man die ersten Andeutungen

eines neuen wahrzunehmen vermag, so war es anfangs um so wahrscheinlicher, dass für diese Aufgabe nur eine lückenhafte Lösung möglich sei, da sich die Grössendifferenzen der Glieder des zweiten bis nten Wirtels oft bald ausgleichen. Nachdem ich später über eine grössere Anzahl aus Mutterblättern erzogener Pflänzchen verfügen konnte, mussten diese als das für die Lösung dieser Aufgabe passendste Untersuchungsmaterial erscheinen. Der Grund hiervon liegt erstens in dem früher besprochenen Verhalten der Primordialblätter, nach welchem das der unteren Seite des Mutterblattes zugerückte zuerst entsteht, — woraus sodann folgt, dass nach dem Emporrichten und Strecken der Adventivknospe das von jenem abgewendete Blättchen, *Taf. I Fig. 2 F*, als das älteste des Pflänzchens zu betrachten ist, — und ist zweitens in der Neigung der Primordialblätter, während ihrer weiteren Ausbildung auseinander zu rücken, zu suchen. Durch beide Erscheinungen ist man auch zu einer spätern Zeit noch sicher im Stande, sofort zu entscheiden, welches von den Primordialblättern der Cyclarstrahl ist. Für das dritte und vierte Blatt eines Pflänzchens, resp. für die Glieder des in der Folge zwar zuerst an der jungen Pflanze als Blattwirtel deutlich zu Tage tretenden, jedoch der Entstehung nach immerhin entschieden als zweiter aufzufassenden Wirtels lässt sich dies Raisonnement nicht anwenden. Bei diesen zwei Blättern nimmt man indessen häufig wahr, dass sie ihre zeitlich ungleiche Genesis auch noch in späteren Entwicklungsstadien, in einer mehr oder weniger auffallenden Grössendifferenz bekunden; man kann letztere an den jungen, zarten Pflanzen, bei denen die Primordialblätter sich frühzeitig auseinander legen und bald von einander rücken, von einem Stadium an verfolgen, wo man wohl noch ohne Bedenken den Schluss ziehen darf, dass das im Wachsthum vorseilende Blatt auch das zuerst angelegte, also der Cyclarstrahl des Scheinwirtels sei. Auf zahlreiche derartige Beobachtungen mich stützend, war es nun möglich, bei jungen Pflanzen bequem durch wenigstens vier oder fünf successive Internodien die Blattstellung zu verfolgen. Man kann natürlich gegen dieses Verfahren einwenden,

dass die Primordialblätter nicht in den Kreis dieser Untersuchungen hinein zu ziehen seien; dies zugegeben bieten junge Pflanzen immerhin einen Vortheil, weil es nicht gut möglich ist, an Sprossspitzen älterer die Glieder eines eben angelegten Wirtels mit der Lupe so zeitig zu fixiren, dass man sich über den Ort seines Cyclarstrahles sicherer orientiren könnte, denn es bleiben hier die Blätter des nächst tieferen Paares zu lange zusammengeneigt. Man kann daher an erwachsenen Pflanzen den Cyclarstrahl mit Sicherheit nur durch drei successive Wirtel verfolgen.

Die mikroskopischen Untersuchungen habe ich auf dieselbe Art ausgeführt, wie die zum Zweck des Studiums der Anlage der Blätter angestellten;*) sie haben folgendes Gesetz ergeben:

Es werden die Cyclarstrahlen der successiven Scheinwirtel auf einer Spirale angelegt, welche bei dem einen Spross eine rechts-, *Taf. II Fig. 4* und *Taf. III Fig. 10*, bei dem andern eine linksläufige ist, und deren einzelne Glieder eine Divergenz von ein Viertel haben.

Nur vereinzelte Fälle sind mir vorgekommen, wo dieses Gesetz nicht eine sehr deutliche Bestätigung gefunden, keiner, wo es bestimmt in Abrede zu stellen gewesen wäre. Dass an verschiedenen Trieben einer und derselben älteren Pflanze die Spiralen, in denen die Cyclarstrahlen angelegt werden, nicht gleich gerichtet, sondern diejenigen des einen rechts-, die des andern linksläufig sind, steht nicht mit den allgemeinen Regeln der Phyllotaxonomie im Widerspruch. Es kommt auch vor, wiewohl selten, dass die Grössendifferenzen beider Blattanlagen eines Scheinwirtels auf ein Minimum reducirt oder wohl ganz zu mangeln scheinen, in diesem Falle ist es natürlich nicht möglich, die Art der spiraligen Anordnung anzugeben, und scheinen durch solche Vorkommnisse die naturgemässen Beziehungen zur echt wirteligen Blattstellung angedeutet.

*) Vergleiche pag. 9 und 23.

III. Abschnitt.

Die Entwicklung des Stengels.

Nachdem im vorigen Abschnitte die Anlage der primordialis, sowie aller Blätter späterer Entwicklungsstadien von *Bryophyllum calycinum* besprochen ist, wollen wir nun in Folgendem die äusserlich bei der allmählichen Erstarkung der jungen Pflanze wahrnehmbaren Erscheinungen und damit im Zusammenhange den äusseren Habitus erwachsener Individuen, sowie endlich die Gewebebildung derselben betrachten. Da die Entwicklung des Blattes im zweiten Theile einlässlich besprochen werden soll, nachdem zuvor mit seiner Ausbildung innig zusammenhängende Erscheinungen ihre Erledigung gefunden haben, so wird in diesem Abschnitte nur vom Stengel die Rede sein.

Wir haben gesehen, dass das Knöspchen bei seiner ersten Bildung in dem Rande des Mutterorgans verborgen ist. *Taf. I Fig. 1* und *Taf. III Fig. 9*. Auch nachdem die Primordialblätter schon einen ziemlichen Grad der Ausbildung erlangt haben und bereits die Anlagen zweier neuer Blattpaare mikroskopisch erkennbar sind, hat sich der Scheitel der Knospe noch nicht merkbar von deren Ursprungsstelle entfernt. *Taf. I Fig. 2*. In diesem Stadium befinden sich somit zwei bis zum Verschwinden verkürzte Internodien an der Stelle der früheren Einsenkung des Bildungsgewebes. Unter den Verhältnissen, in welchen ich die jungen Pflanzen erzog und cultivirte, und in denen sie sich wohl ausnahmslos auch in anderen Fällen befinden werden, zeigt sich an ihnen bald ein meist ziemlich bedeutendes Längenwachsthum, welches auf wesentlich zwei Ursachen zurück zu führen ist. Nachdem sich nämlich das Knöspchen mehr oder weniger der oberen Blattfläche zugebogen hat, wie dies in *Fig. 2* auf *Taf. I* dargestellt ist, wird dasselbe ganz besonders durch intercalares Wachsthum vom Mutterorgan empor gehoben, wodurch ein erstes Internodium entsteht. Während dieses Vorganges beginnen auch die Primordialblätter auseinander zu rücken, und indem sich durch oft sehr

intensives intercalares Wachsthum zwischen beiden ein kürzeres oder längeres Stengelstück einschiebt, wird ein zweites Internodium gebildet, welches in solcher Art die ganze Vegetationsperiode der Pflanze hindurch nur in diesem einen einzigen Falle erzeugt wird, und daher als abnormales allen andern deutlichen Internodien der Pflanze gegenüber zu stellen ist; es findet in der Folge zwischen den beiden Gliedern ein und desselben Scheinwirtels nie mehr intercalares Wachsthum statt, und desshalb bleiben die Internodien an dieser Stelle später immer kurz, wodurch eben scheinbare Wirtel entstehen. Auf der weiteren Streckung dieses abnormalen Internodiums beruht, wie schon erwähnt wurde, nicht selten in hohem Grade die Längsausdehnung der jungen Pflanze, im allgemeinen scheint sich jedoch der unter dem ältesten Primordialblatte entstandene Theil, also das erste Internodium, welches etwa mit dem hypocotylen Glied von Keimpflanzen sich vergleichen lassen dürfte, am stärksten zu entwickeln. Nachdem auf diese zweifache Weise die Knospe eine meist sehr beträchtliche Streckung erfahren hat, ihr Scheitel mit den zwei Paaren jüngster Blattanlagen, *Taf. I Fig. 2 f* und π , in auffallender Weise aus seiner anfänglichen Lage entfernt, und so ein deutlicher Achsentheil ausgebildet worden ist, findet das fernere Längenwachsthum der Pflanze während ihrer ganzen Lebensdauer in stets gleicher und normaler Weise durch eine gesetzmässige Streckung der successiven Internodien, oder streng genommen je des zweiten derselben statt, wodurch die anfangs einander sehr genäherten Blattpaare (Scheinwirtel) später bedeutend auseinander rücken. Die sichtbarere Ausbildung eines Internodiums beginnt, wenn die Blätter des zu ihm gehörigen Paares schon eine relativ bedeutende Grösse erlangt haben, anfangs ziemlich schnell fortschreitend, vollendet sie sich dennoch in der Regel langsam. Es lassen sich im spätern Alter von *Bryophyllum* an den von unten nach oben sich folgenden Internodien sehr deutlich die den allgemeinen Gesetzen über Längenwachsthum von Stengeln entsprechenden Grössendifferenzen wahrnehmen. Die Dickenzunahme des Stengels ist keine auffallende, in Folge der Art, wie die Blätter angelegt wer-

den, schliesst derselbe, wie wir im vorigen Abschnitte sahen, mit ziemlich verbreitertem Ende ab, und die successiven Internodien seiner obern Partien sind nicht kreisrund, sondern in je entgegengesetzten Richtungen oval, welche Dimensionsdifferenzen sich an älteren Pflanzentheilen ausgleichen. An letzteren zeigt sich indessen nicht selten eine andere wohl bemerkenswerthere Eigenschaft, indem erwachsenere Triebe an einer mittleren Strecke ihrer Länge die grösste, nach ihrer Basis zu aber eine geringere Dicke haben, so dass also nicht nur nach oben zu eine Verdünnung der Achse stattfindet, ja man kann an längeren Sprossen älterer Individuen der ganzen Länge nach einen mehrmaligen Wechsel von dünnen und dickeren Partien beobachten, welche beiderseits ganz allmählig in einander übergehen.

Für die Verzweigung des Stengels ist endlich noch anzugeben, dass sie bei ungestörtem Wachsthum der Pflanze keine lebhaftere zu sein scheint. Obwohl man bei der mikroskopischen Zergliederung sehr häufig Achselknospen beobachtet, so habe ich doch eine Anzahl von mehr als einjährigen Individuen nur mit ungetheiltem Stengel fortwachsen sehen. Bildet sich ein Achsel spross aus, so liegt sein unterstes Blattpaar in einer zur Hauptachse tangentialen Ebene.

Der anatomische Bau des Stengels von *Bryophyllum* wurde bei den Untersuchungen über dessen Gefässbündelverlauf an Querschnitten durch successive Internodien von mir studirt, und später die dabei gemachten Beobachtungen durch Untersuchungen an Längsschnitten vervollständigt. Es sind natürlich in folgendem vorzugsweise theils solche Thatfachen angeführt, welche meines Wissens völlig neu sein dürften, theils solche, welche als neue Belege für schon vereinzelt gemachte Beobachtungen gelten können. Aus nahe liegenden Gründen zähle ich hier die Internodien von oben nach unten, so dass also als erstes Internodium die Gewebepartie zwischen der allerjüngsten Blattwirtelanlage und der nächst älteren gilt.

Die primäre Rinde.

Die Epidermis hebt sich von dem Rindenparenchym schon in der obersten Partie des dritten Internodiums sehr scharf durch Grösse und Gestalt ihrer Zellen ab. Diese sind longitudinal gestreckt, radial und tangential etwa gleich ausgedehnt und treten nach Aussen schwach papillenförmig hervor. Cuticularisirung findet nur an den Aussenwänden statt.

Schon an der Basis des dritten Internodium beginnt die Bildung von Phellogen, welches hier noch weiterer Erwähnung verdient, weil es bei *Bryophyllum* ausnahmslos aus den Epidermiszellen entsteht. Bevor Phellogen angelegt wird, strecken sich die Epidermiszellen noch mehr in radialer Richtung und wölben sich stärker papillenförmig hervor. Danach entsteht in ihnen eine tangentielle Wand, welche im mittleren Theile der Zelle liegt und eine innere tafelförmige Zelle abschneidet. Aus dieser gehen während der ganzen Vegetationsperiode des Stengeltheils Korkzellen hervor, wodurch bei *Bryophyllum* eine bleibende continuirliche Peridermlage gebildet wird.

Gleichzeitig mit dem Periderm bildet sich unter ihm ein durch Gestalt, Grösse, Anordnung und Verdickung der Zellen deutlich unterschiedenes Hypoderma. Dieses besteht in etwas älteren Stengeltheilen aus fünf bis sechs mehr oder weniger concentrisch gelagerten Schichten gestreckter Zellen, von welchen die äussersten die engsten sind und einander seitlich in allen Theilen berühren, während zwischen den inneren oft kleine Interzellularräume vorkommen. Alle Zellen des Hypoderma erscheinen auf Querschnitten frühzeitig collenchymatisch verdickt. Hieran erkennt man die ersten Anfänge des Hypoderma schon zu einer Zeit, wo nur erst die Epidermis als schützende Hülle des Stengels vorhanden ist, und es stellt sich dasselbe dann als einfache Zellschicht dar. Auf Querschnitten durch Internodien, in denen bereits eine deutliche Peridermlage vorkommt, bemerkt man stets zwischen Phellogen und Hypoderma eine einfache Schicht von Zellen, welche durch die collenchymatische Verdickung ihrer Innenwände den Elementen des Hypoderma gleichen, hin-

gegen durch die zarte Beschaffenheit der Aussenmembran, sowie durch ihre tangential gestreckte Gestalt eine genetische Beziehung zum Phellogen verrathen.

Das Hypoderma geht allmählig in das innere Rindengewebe über. Dieses ist reich an weiten Interzellularräumen, seine Zellen sind mehr isodiametrisch und ausnahmslos porös verdickt, jedoch treten an den Membranen der allerinnersten Rindenzellen die Verdickungen stets sehr schwach auf. Auf Längsschnitten älterer Internodien ragen seitlich die verdickten Partien oft stark in das Lumen der Zelle hinein und werden durch relativ breite, zarte Membranstücke geschieden, während gegen die Mitte der Zelle die Poren als ziemlich breite Spalten erscheinen. Auf solchen Längsschnitten sieht man ferner nicht selten an einzelnen Zellenwänden grössere oder kleinere Gruppen von Poren von einer unregelmässig geschlängelt verlaufenden und in sich selbst zurückkehrenden Linie umgrenzt; ist eine solche Stelle von sehr geringer Ausdehnung, und nur ein Porus auf ihr, so kann dieser den Anschein eines gehöften Tüpfels gewähren. Die Bildung dieser Einfassungslinien, die mit dem Vorkommen der Interzellularräume zusammenhängen, zeigt sich bei *Bryophyllum* besonders deutlich und häufig.

Die Zellen des Hypoderma haben auf Längsschnitten darin Aehnlichkeit mit denjenigen des unter ihnen liegenden Rindenparenchyms, dass auch auf ihren Längswänden Poren vorkommen; sie treten aber hier in geringerer Anzahl auf, als dies bei den Zellen der inneren Rinde der Fall ist, sind ferner auf der Flächenansicht kreisrund und kleiner. Die Endflächen der Zellen des Hypoderma bleiben wie die entsprechenden Membranen des andern Rindenparenchyms anfangs unverdickt, können sich aber später auch porös verdicken.

Die Fibrovasalmassen.

Nach dem früher über die Blattentwicklung Mitgetheilten muss man auf einem Querschnitte, welcher unmittelbar über der Stengelspitze durchgeht, die Durchschnitte der Blätter dreier Scheinwirtel erhalten. Auf einem solchen Querschnitte sieht man:

Berge, *Bryophyllum*.

Erstens, in jedem der zwei Blättchen, welche das Centrum des Schnittes einnehmen, in einer mittleren Partie eine Gruppe von Cambiumzellen. Zweitens, in jedem der beiden Blättchen, welche die innersten umgeben, drei zarte Gefässbündel. Drittens, in jedem von beiden Blättchen, welche den äussern Theil des Schnittes einnehmen, einen grösseren Medianstrang und zwei Lateralstränge. Auf einem etwas tieferen Schnitte erblickt man in der Cambiumzone des Stengels acht Gefässbündel im Kreise vertheilt. Von diesen sind die zwei grössten, einander gegenüberliegenden jene Medianstränge des äusseren Blattpaares, die zwei jedem Medianstrange benachbarten Stränge sind die vier Lateralstränge desselben Blattpaares, und die zwei übrigen die Medianstränge des mittleren Blattpaares.*) Schon auf dieser frühen Entwicklungsstufe wird die Stelle zwischen den einzelnen Gefässbündeln von Cambiumzellen eingenommen, wovon man sich durch die Ansicht von tangentialen Längsschnitten sehr deutlich überzeugt:

Es wird also bei *Bryophyllum* schon sehr früh interfasciculares Cambium gebildet und dadurch ein vollkommen geschlossener Cambiumring angelegt.

Da erst das dritte Internodium am jungen Stengel als deutlicher ausgebildet erscheint, so erhellt hieraus, dass bei *Bryophyllum* die Markstrahlbildung mindestens sehr zurücktritt. Auf Querschnitten von älteren Stengeltheilen sind die Zellen des Cambiumringes deutlich radial angeordnet, tangential verbreitert, seitlich von je einer geraden oder zwei in stumpfem Winkel zusammenstossenden Wänden begrenzt. Auf tangentialen Längsschnitten berühren die Cambiumzellen einander je nach dem Alter des Stengeltheils mit sehr verschieden gestalteten Enden, letztere sind bei den Cambiumzellen ganz junger Stengeltheile durch deutlich horizontale oder schwach geneigte Wände abgegrenzt, bei denjenigen älterer jedoch gleichförmig abgerundet, oder aber stumpf zugeshärft oder zugespitzt. Beide letztgenannten Arten von Cambiumzellen drängen sich natürlich mehr oder weniger mit ihren Enden zwischen einander.

*) Genauerer über diese Verhältnisse wird bei Besprechung des Gefässbündelverlaufes mitgetheilt werden.

Bei der Bildung von Holzzellen, welche etwa im achten Internodium beginnt, werden die drei oder vier innersten Schichten des Cambiumringes fast gleichzeitig und vollkommen in solche umgewandelt:

Es bleiben zwischen diesen Holzzellen in radialer Richtung weder Strahlen von Cambiumzellen erhalten, noch gehen aus einzelnen Zellen der Cambiumschichten Gefässe hervor. Dasselbe gilt auch bis zu einem gewissen Entwicklungsstadium eines Internodiums für alle nach aussen folgenden Cambiumzellen, indem auch sie ausschliesslich zu Holzzellen werden.

Auf diese Weise bleiben die Holzzellen sehr deutlich radial angeordnet, und da jede Reihe sich mit seltenen Ausnahmen ihrer ganzen Länge nach von innen nach aussen ungetheilt fortsetzt, so erscheinen die Zellen jeder einzelnen Reihe auf Querschnitten alle von annähernd gleichem Durchmesser. Diese Zellen haben in ältern Stengeltheilen ziemlich verdickte Membranen, zwischen denen stets sehr deutlich die Mittellamelle ausgeprägt ist.

Die Zellen der verschiedenen Reihen eines und desselben Querschnittes sind hingegen durchaus nicht von gleicher Grösse, es besteht vielmehr der Holzring auf jedem Querschnitte aus radialen Reihen grösserer und kleinerer Zellen, letztere liegen häufig in den Zwischenräumen, welche vier Holzzellen zweier breiterer Reihen bilden, sind dann meist isodiametrisch und besonders klein, oder aber sie liegen zwischen zwei grössern Zellen und sind dann tangential zusammengedrückt. Vergleicht man Querschnitte verschieden alter Stengeltheile, in welchen bereits Verholzung stattgefunden hat, mit einander, so beobachtet man an denjenigen, bei welchen der Holzring schon mächtiger entwickelt ist, häufig einen ziemlich regelmässigen Wechsel von radialen Reihen grösster und kleinerer oder kleinster Zellen. Hingegen sind auf den Querschnitten, wo der Holzring eben erst angelegt worden ist, relativ viel weniger kleine Zellen vorhanden, vielmehr sind weitaus die überwiegende Menge der Zellen von dem Um-

fange der grössten Zellen, wie sie sich auf Querschnitten älterer Internodien befinden.

Auf tangentialen Längsschnitten grenzen die Holzzellen mit ähnlich verschieden gestalteten Enden aneinander, wie diess für die Cambiumzellen angegeben wurde. Die Vergleichung von tangentialen Längsschnitten verschieden alter Stengeltheile lehrt, dass in Internodien mit eben beginnender Holzringbildung die Enden der Holzzellen bisweilen von schwach geneigten Wänden begrenzt, wohl gar nur einfach abgerundet sind, dass sie meist zwar zugespitzt oder zugespitzt sind, aber sich nie auf längere Strecken allmählig verschmälern. Letzteres ist hingegen in älteren Internodien Regel, und desshalb sind in ihnen die Holzzellen von deutlich spindelförmiger Gestalt und schieben sich oft auf weite Strecken zwischen einander. Diese wechselnden Gestaltverhältnisse der Holzzellen verschiedener Stengeltheile erklären es, warum auf Querschnitten durch Internodien, in denen die Holzbildung eben begonnen hat, im Holzring kein regelmässiger Wechsel von kleinen und grossen Zellen stattfinden kann, und warum man auf Querschnitten von Stengeltheilen, in welchen die Bildung von Holzzellen schon länger andauert, viel zahlreichere Reihen kleinerer und oft besonders kleiner Zellen findet.

Während auf tangentialen Längsschnitten fast alle Holzzellen deutlich spindelförmige Gestalt haben und sich in longitudinaler Richtung scharf von einander abgrenzen, ist auf radialen Längsschnitten die Zahl der spindelförmigen Holzzellen weit geringer und ausserdem lassen viele Holzzellen in longitudinaler Richtung keine scharfen Begrenzungslinien erkennen. Aus der Vergleichung der tangentialen und radialen Längsansicht des Holskörpers ergibt sich, dass derselbe nicht aus gleich gestalteten Zellen zusammengesetzt ist, sondern dass die einen Holzzellen zugespitzt, die andern hingegen zugespitzt sind, und dass die Zuschärfungskanten der zugespitzten Zellen radial gerichtet sind. Durch diese Thatfachen finden auch die Erscheinungen, welche man auf Querschnitten beobachtet, ihre Erklärung: Die tangential zusamme-

drückten, radial gestreckten Holzzellen müssen als solche Schnitte durch zugespitzte Zellen betrachtet werden, welche durch die den Enden nahe liegenden Partien gehen, während die isodiametrischen Zellen entsprechende Schnitte von zugespitzten Zellen sind.

Die Holzzellen haben zahlreiche, sehr enge, rundliche oder spaltenförmige Poren, welche auf der Flächenansicht nicht selten annähernd in einer einfachen, wiewohl nicht streng einreihigen Längszeile verlaufen, an den Seitenwänden als schmale Kanäle erscheinen, welche stets mit denjenigen gleichartiger Zellen correspondiren. Diese Poren beobachtet man auf der Flächenansicht sowohl auf tangentialen, als auch radialen Längsschnitten, auf ersteren jedoch meist in grösserer Menge. Aus letzterem Grunde sieht man die Poren auf Querschnitten auch am besten auf den tangentialen Wänden, wo sie gemäss der genauen radialen Anordnung der Zellen ebenfalls diese Richtung beobachten, während sie auf den radialen Wänden wegen der weit weniger regelmässigen Lagerung der Zellen meist schief und verschieden gerichtet verlaufen. Bisweilen sieht man an einer und derselben tangentialen Wand auf Querschnitten auch zwei bis drei Poren, aber dann doch stets in einer mittleren Partie derselben.

Die Gefässe treten zwischen dem Cambium und dem Mark in stets deutlich von einander gesonderten Gruppen auf, welche, wie schon bemerkt, in dem dritten Internodium zu acht, in allen ältern Internodien aber am häufigsten zu vierzehn, fünfzehn oder sechzehn, seltener in den ausser diesen Zahlen zwischen zwölf und achtzehn möglichen vorkommen und sich in der geringsten Menge in der Regel in einer untern Partie der Internodien finden, Verhältnisse, welche bei der Besprechung des Gefässbündelverlaufes weiter begründet werden sollen. Diese Gefässgruppen bestehen in allen Stengeltheilen hauptsächlich aus Netzgefässen, deren Verdickungsleisten ziemlich breit sind und nahe aneinander grenzen. Da desshalb die Maschen an den Gefässwänden geringe Weite haben, die Hauptverdickungen ferner meist senkrecht zur Längsausdehnung des Gefässes verlaufen

und ihre seitlichen Verbindungen bisweilen ziemlich spärlich auftreten, so machen diese Netzgefässe öfter den Eindruck von Ringgefässen, seltener erscheinen sie auf kürzeren Strecken als Spiralgefässe. Beide letztgenannten Arten von Gefässen treten übrigens ebenfalls im Stengel von *Bryophyllum* auf, man findet sie leicht, jedoch nur in geringer Zahl, an der Grenze des Markes, bevor sich die ursprüngliche Gestalt der Gefässgruppen merklich verändert hat. Nicht nur die Netzgefässe, sondern auch die Ring- und Spiralgefässe sind im Stengel wie auch im Blatte von *Bryophyllum* als Fusionen zu erkennen, und die sie zusammensetzenden Glieder haben oft nur die Länge der daneben auftretenden Cambiumzellen.

Durch eine grössere Anzahl immer älterer Internodien, d. h. während einer längeren Wachstumsperiode eines bestimmten Stengeltheiles bilden allein diese Gefässgruppen das Xylem der Fibrovasalstränge und stehen somit als primäres Xylem den erst ziemlich später sich bildenden Holzzellen, dem secundären Xylem gegenüber. Sie ragen in allen Theilen des Stengels in das Mark hinein, im dritten Internodium geschieht dies in geringerer, aber schon in den nächstfolgenden in sehr auffallender Weise, und gleichzeitig mit ihrer radialen Ausdehnung geht auch eine tangential vor sich. Die Ursache beider Wachstumsarten ist nicht etwa eine bedeutende Vermehrung der Elemente des Xylems eines ursprünglichen Bündels von aussen her, sondern diese Vergrösserung des primären Xylems wird in viel höherem Masse durch die Bildung von intervasalem Cambium veranlasst, welches zwischen den Elementen des primären Xylems in sehr geringem Masse schon in den jüngsten Partien eines Sprosses vorhanden ist. Dies intervasale Cambium lockert durch die bedeutende Vermehrung und das Wachstum seiner Zellen den Zusammenhang der Gefässe immer mehr, es kann zwar neue Gefässe erzeugen, geht jedoch selbst noch in ziemlich vorgerückten Entwicklungsstadien nicht in Holzzellen über und verharrt überhaupt seiner Hauptmasse nach in bildungsfähigem Zustand, nimmt beständig an Umfang zu und vergrössert dadurch die primären

Xylemgruppen in radialer und tangentialer Richtung, oder richtiger gesagt, löst sie in ihre einzelnen Theile auf und vertheilt sie auf einen viel grössern Raum. Während diese primären Xylemgruppen immer mehr in den Markkörper vorgeschoben zu werden scheinen, häuft sich in jedem Fibrovasalstrange intervasales Cambium an einer Partie an, welche aussen vom Holzring, innen und seitlich von den weit auseinander gedrängten Gefässen oft bogenförmig umschlossen wird. Dieser Theil des intervasalen Cambium steht als centrale Partie den peripherischen Zellen desselben gegenüber, welche sich zwischen den oft völlig von einander isolirten Gefässen befinden oder aber den Markzellen anliegen und diese von den Gefässen scheiden.

Wegen der genetischen Beziehungen dieses intervasalen Cambium zum eigentlichen Cambium und seiner Fähigkeit die ursprünglichen Xylempartien in so auffallender Weise auszubilden, sowie Gefässe und auch, wie unten erhellt, ein dem Phloëm analoges Gewebe zu erzeugen, muss es als ein Bildungsgewebe im vollkommensten Sinne betrachtet werden, und es wurde daher der von Herrn Professor Dr. **Cramer** mir proponirte Name „intervasales Cambium“ dankbar acceptirt. Wenn auch seine Elemente in Gestalt und Grösse nicht ganz mit den eigentlichen Cambiumzellen übereinstimmen, so bleiben sie doch immerhin wie diese zartwandig und prosenchymatisch. Das Gesagte resümirend erhellt das Gesetz:

Das in spätern Entwicklungsstadien des Stengels von *Bryophyllum* nicht nur an der Peripherie des Holzringes Cambium vorkommt, sondern auch dessen innerer Seite dem Cambium analoge Gewebe anliegen.

Es wurde früher bemerkt, dass dem secundären Xylem an keiner Stelle Gefässe eingelagert werden. Nachdem jedoch der Cambiumring nach innen eine Holzzellenlage von einer gewissen Dicke erzeugt hat, und die radialen Reihen im Allgemeinen aus sieben Holzzellen zusammengesetzt sind, entstehen an der äusseren Grenze des Holzringes von neuem Gefässe, diese liegen

einzelnen oder zu wenigen beisammen und mit dem primären Xylem auf gleichem Radius oder an Stellen des interfascicularen Cambiums. Diese Gefässe sind von derselben Art, wie die weitaus grösste Zahl der dem Holzkörper innen anliegenden, nämlich netzförmige.

Ein Bastgewebe von der Art, wie es sonst bei höheren Pflanzen als dritter Bestandtheil der Fibrovasalmassen auftritt, kommt bei *Bryophyllum* nicht vor.

Die an seiner Stelle dem primären Xylem gegenüberliegenden Zellen lassen weder auf Quer-, noch auf Längsschnitten die für echte Bast- oder für Cambiformzellen charakteristischen Eigenschaften erkennen, sondern gleichen vielmehr auf Querschnitten am meisten Collenchymzellen und erinnern auf Längsschnitten höchstens durch ihre gestreckte Gestalt etwas an Bastzellen, sind aber nicht zugespitzt und durch die Beschaffenheit ihrer Querwände in gewissem Sinne an Siebröhren. Auf Längsschnitten gleichen sie im übrigen durch die Art ihrer porösen Verdickung theils den Collenchymzellen der äusseren Rinde, theils den inneren Rindenparenchymzellen, es ist nämlich an den Seitenwänden Zahl und Gestalt der verdickten Membranthteile zwar etwa die gleiche, wie bei den inneren Rindenzellen, jene aber ragen meist viel weiter in den Zellraum hinein, und auf der Flächenansicht haben ferner die Poren etwa die Form und Grösse derjenigen der Hypodermazellen. Um nicht unnöthigerweise einen neuen Namen zu schaffen, wollen wir für diese Zellen in den folgenden Auseinandersetzungen die Bezeichnung Phloëm beibehalten, da sie Collenchymzellen in des Wortes engerer Bedeutung vielleicht noch weniger sind, als diejenigen des Hypoderma.

Wiewohl aus dem Gesagten hervorgeht, dass sich diese Zellen ziemlich auffallend von eigentlichen Bastzellen unterscheiden, so verhalten sie sich doch andererseits in Bezug auf Entstehung, Anordnung und Verlauf in den Internodien und Knoten im Allgemeinen wie echte Bastpartien anderer Pflanzen:

Bei *Bryophyllum* wird das Phloëm im Stengel wie

im Blatt in dieser eigenthümlichen Weise ersetzt, und es tritt ausserdem, wie wir bald sehen werden, in ausgedehntester Masse in dieser Form auf.

Diese Pseudo-Phloëmgruppen bestehen bei ihrer ersten Anlage im Stengel aus nicht zahlreichen, ziemlich engen, noch wenig verdickten Zellen, werden aber durch Vergrösserung und Zuwachs der Zellen, sowie durch bedeutende Membranverdickung häufig bald zu umfangreichen Gewebemassen, welche durch ihr glänzendes Weiss sehr deutlich hervortreten. Die einzelnen sie zusammensetzenden Zellen zeigen nach Volumen und Beschaffenheit der Wände ziemliche Differenzen, die kleineren liegen in der Regel mehr nach dem Inneren des Stengels.

Auf Querschnitten durch Stengeltheile verschiedenen Alters erblickt man in den Phloëmgruppen ausser den collenchymatisch verdickten Zellen noch Bildungen, welche mit den Querwänden von Siebröhren am meisten Aehnlichkeit haben möchten, indem sie innerhalb der Wandungen einer Zelle ein Netzwerk darstellen. Dass diese Netzbildungen wirklich Theile von Siebröhren seien und somit bei *Bryophyllum* doch noch wenigstens Spuren eigentlicher Phloëmelemente vorkommen, habe ich auf Längsschnitten nie bestätigt gefunden, hingegen auf zahlreichen Quer- und Längsschnitten erkannt, dass diese Erscheinung ganz anderen Ursprunges ist.

Auf Querschnitten der jüngsten Stengeltheile erkennt man in jeder Phloëmgruppe nur eine geringe Zahl dieser Netzbildungen, dieselben bestehen hier aus wenigen Maschen, sind unscheinbar und kommen nur an der innersten Partie des Phloëms vor. Diese Netzbildungen nehmen mit der Ausbildung des Stengeltheiles bald an Umfang zu und haben auf späteren Stadien selten einen geringeren, oft einen bedeutenderen Umfang wie die weitesten Zellen der Phloëmgruppen. Anfangs sind sie von mehr rundlichen oder regelmässig polyedrischen Umrissen und ziemlich gleichmässiger innerer Ausbildung, später aber nehmen sie nach innen und aussen unregelmässige Formen an. Folgende zwei Beobachtungen haben die eben besprochene eigenthümliche Erscheinung aufgehelit:

Auf Querschnitten durch den Stengel sieht man innerhalb des Phloëmgewebes grössere zartwandigere Zellen, von denen die einen wenige weite, die anderen zahlreichere und enge Maschen enthalten. Andererseits bemerkt man auf Längsschnitten von Stengeltheilen in gewissen deutlich zum Phloëm gehörigen Zellen zarte Längswände, welche oft für sich die ganze Zelle durchlaufen, bisweilen sich aber auch in einer mittleren Partie an benachbarte Wände legen. Dass dieser letzteren Wahrnehmung nicht Beobachtungsfehler zu Grunde liegen, und dieselben etwa durch Cambiumzellen veranlasst werden, beweist einfach schon der Umstand, dass man diese Erscheinung an Längsschnitten durch ältere Internodien nicht nur an der innersten Grenze des Phloëms, sondern auch an Stellen desselben sieht, denen gar keine Cambiumzellen angrenzen, was mit der Anordnung der Netzbildungen auf Querschnitten wiederum übereinstimmt. Beide Erscheinungen dürften sich folgendermassen erklären lassen:

Es bilden sich an einer gestreckten, zartwandigen Phloënzelle secundäre successive Längswände, welche unregelmässig angeordnet und natürlich ungleich breit sind. Durch häufige Wiederholung dieses Vorganges wird jene primäre Phloënzelle schliesslich in eine wechselnde Anzahl engerer Zellen zerlegt, resp. longitudinal gefächert. Diese neuen Zellen, obwohl genetisch nicht alle von gleichem Grade, mögen dennoch hier gemeinsam als secundäre bezeichnet werden, sie haben entweder die ganze, oder aber nur etwa die halbe Länge der Mutterzelle, bleiben also immerhin ziemlich gestreckt, nie habe ich zwischen den secundären Längswänden eigentliche Querwandbildung beobachtet. Es hatte zwar nicht selten den Anschein, als könnten sich die Mutterzellen auch in einer Richtung senkrecht zu ihrer längsten Achse theilen, solche Bilder dürften jedoch durch die Art der Vereinigung derjenigen Längswände, welche sich nicht bis zum anderen Ende der Mutterzelle selbständig fortsetzen, erzeugt sein. Durch den Anschluss der secundären Längswände an die Querwände der ursprünglichen Mutterzelle können jene gebogen oder gebrochen

erscheinen. Durch die Zusammenwirkung beider Erscheinungen tritt eine gemeinsame Genesis der secundären Zellen aus einer einzigen primären oder Mutterzelle bisweilen weniger deutlich hervor. Die Zellen, welche solche eigenthümliche Theilungen erfahren, sind meist längere Strecken hindurch in longitudinalen Reihen zu verfolgen, dabei können die secundären Längswände in den einen Zellen mit den secundären Längswänden anderer ihnen angrenzender Zellen correspondiren, was aber sehr oft nicht geschieht, sie können sich ferner ähnlich verdicken, wie die anderen Zellen der Bastgruppen, jedoch geschieht dies stets in schwächerem Masse.

Aus den oben mitgetheilten Thatsachen dürfte zur Genüge erhellen, dass im Phloëm von *Bryophyllum* keine Siebröhren vorkommen.

Zwar bemerkt man auf Längsschnitten an Querwänden von Phloënzellen ganz ähnliche poröse Verdickungen, wie die Längswände von Phloënzellen zeigen, und da auch in diesem Falle die Poren zweier Zellen correspondiren, so erinnern solche Phloënzellen allerdings an Siebröhren von echtem Bast, indessen sind die verdickten Partien von Querwänden der Phloënzellen von *Bryophyllum* weniger stark entwickelt, als dies bei eigentlichen Siebröhren der Fall ist, und überdiess findet eine theilweise Resorption der Membranen nicht statt. Dass aber durch die porös verdickten Querwände die Erscheinung der Netzwerke auf Querschnitten veranlasst werde, ist nicht anzunehmen, weil dieselbe auf Längsschnitten an den gleichermassen porös verdickten Längswänden nie zu sehen ist.

Phloëmgruppen der beschriebenen Art treten jedoch bei *Bryophyllum* nicht nur in radialer Verlängerung des primären Xylems auf, es bilden sich vielmehr solche in ganz gleicher Weise an der Peripherie des interfascicularen Cambiums. Diese interfascicularen Phloëmgruppen, welche wir mit den bereits besprochenen fascicularen als äusseres Phloëm bezeichnen wollen, treten schon auf, nachdem interfasciculares Cambium eben erst angelegt worden ist, liegen zu

ein bis drei Gruppen zwischen den fascicularen Phloëmpartien und bestehen anfangs aus sehr kleinen Zellen. Auch in diesen interfascicularen Phloëmgruppen beobachtet man die Netzbildungen, welche dagegen in den anderen analogen, aber innerhalb des Cambiumringes, sowie stets später angelegten Geweben fehlen. Anfangs unscheinbar treten sie bald durch Vergrößerung und Vermehrung ihrer Zellen, sowie durch Membranverdickung ziemlich deutlich hervor, in Folge ihrer eigenen Umfangszunahme und der tangentialen Ausweitung des fascicularen Phloëms verschmelzen sie mit letzteren und untereinander: Dadurch wird eine continuirliche stellenweise verschieden entwickelte Zone von Phloëmelementen um das Cambium angelegt.

Dass bei *Bryophyllum* auch markständiges Phloëm vorkommt, kann nach an andern Gewächsen gemachten Beobachtungen nicht auffallen, auch in ihm treten natürlich stets die Bastelemente in der für diese Pflanze ganz charakteristischen Form auf. Es zeigt dies markständige Phloëm nach Ort und Zeit seiner Entstehung ein zweifaches Verhalten:

Noch bevor in einem Internodium secundäres Xylem gebildet worden ist, wird meist an einer mittlern Partie der einzelnen interfascicularen Cambiumgruppen markständiges Phloëm angelegt. Dieses grenzt in Folge seiner weiteren Ausbildung das Cambium, beziehungsweise das secundäre Xylem oft an allen Stellen vom Marke ab. Dies innere oder markständige interfasciculare Phloëm bildet sich natürlich aus gewöhnlichen Cambiumzellen. Nachdem sich ein geschlossener Holzring gebildet hat, geht die weitere Entwicklung des genannten Phloëms in der Weise vor sich, dass die einmal angelegten Elemente sich ausdehnen und ausserdem neue Elemente gebildet werden aus einer einfachen oder doppelten Schicht zartwandiger Zellen, welche zwischen dem markständigen interfascicularen Phloëm und dem secundären Xylem liegen.

Etwas später als das markständige interfasciculare Phloëm entsteht Phloëm im primären Xylem, welches ich zur Ver-

einfachung oben ebenfalls als markständiges bezeichnet habe, obgleich dieser Ausdruck nicht ganz zutreffend ist, da dasselbe, zwar im Marke liegend, in keiner Verbindung mit demselben steht. Es entsteht aus dem intervasalen Cambium der einzelnen primären Xylembündel, indem einige mittlere Zellen von dessen centralster Partie in Bastzellen umgewandelt werden, welchen sich neue anreihen, die oft noch später durch eine strahlige Anordnung die Art ihrer Entstehung erkennen lassen. Wegen dieser Entstehungsart empfiehlt sich als einfachste Bezeichnung für dasselbe der Name intervasales Phloëm. Diese Gruppen intervasalen Phloëms können durch Vermittlung des übrigen intervasalen Cambiums in der Folge mit dem innern interfascicularen Phloëm verschmelzen, und so kann durch Bildung von Phloëm zwischen dem primären und secundären Xylem manchmal der unmittelbare Zusammenhang des primären und secundären Xylem angehoben werden.

Das Mark.

Die Markzellen sind anfangs den Rindenzellen ähnlich, aber in älteren Stengeltheilen namentlich in ihren centraleren Partien auf Querschnitten häufig weiter als die Rindenzellen und auf Längsschnitten longitudinal verkürzt. Alle Markzellen sind ähnlich porös verdickt, wie die Rindenzellen, die verdickten Membranthteile ragen bei ersteren nicht selten noch stärker in den Zellraum hinein, als dies bei letzteren der Fall ist. Die Poren der Markzellen sind entsprechend der Gestalt der Zellen meist senkrecht zum Längenwachsthum des Sprosses noch mehr gestreckt, als man dies an den Rindenzellen beobachtet. Auch an den Markzellen sind die Poren häufig zu wenigen oder vielen von geschlängelten, in sich zurücklaufenden Linien umgrenzt.

Hieran möge sich noch einiges über den Zellinhalt der besprochenen Gewebe reihen. Im Stengel, wie auch im Blatte von *Bryophyllum* findet sich eine beträchtliche Menge Stärke angehäuft, in ersterem tritt dieselbe in allen Zellen des

Hypoderma, sowie des inneren Rinden- und des ganzen Markparenchyms gleichzeitig mit Chlorophyll auf. Auf Schnitten durch Sprossspitzen findet man in den genannten Zellen zahlreiche sehr kleine Chlorophyllbläschen von gleich intensiver Farbe, und in ihnen bereits Stärkekörner, in nur wenig älteren Theilen des Sprosses sind die Chlorophyllbläschen viel grösser, jedes derselben enthält meist eine bedeutende Anzahl dicht aneinanderliegender Stärkekörner, welche von verschiedener Ausdehnung und zum Theil von ebenen Flächen begrenzt sind. Auf dieser Entwicklungsstufe haben alle Chlorophyllbläschen noch die gleiche intensive Farbe, sind in den äusseren Rindenzellen am kleinsten und treten am spärlichsten auf. Dieser Grössen- und Zahlenunterschied lässt sich auch in allen späteren Entwicklungsstadien der Pflanze beobachten, indem in den Zellen des Hypoderma und oft auch in denjenigen der ihnen nächstliegenden inneren Rinde die Chlorophyllbläschen am stärksten gefärbt sind, am wenigsten zahlreich vorkommen und am kleinsten sind. Auch die Chlorophyllbläschen der innersten Rinden- und äussersten Markzellen sind klein und wenig zahlreich, gleichen aber in ihrer Farbe denjenigen der anderen Zellen letztgenannter Gewebe.

Die Stärkekörner aller übrigen Rinden- und Markzellen nehmen sehr schell an Umfang zu und gleichzeitig vermehren sich die Chlorophyllbläschen, daher sieht man schon in noch sehr jungen Stengeltheilen häufig solche Bläschen, welche nur ein und zwar meist grosses und gleichmässig abgerundetes Korn enthalten, indessen beobachtet man selbst in viel älteren Stengeltheilen noch in manchen Chlorophyllbläschen Stärkekörner in mehr als Einzahl. Weil die Stärkekörner in den Chlorophyllbläschen lange an Grösse zunehmen und die Zahl der letzteren sich nur anfangs vervielfältigt, später aber nicht wesentlich zunimmt, andererseits sich aber die Zellen des Markes und der Rinde vergrössern und vermehren, so stehen die Chlorophyllbläschen in etwas älteren Internodien an Intensität der Farbe sehr denjenigen der jüngsten Sprosstheile nach.

Immerhin sind auch die grössten Stärkekörner von

einer grünen Protoplasmahülle umgeben, völlig farblose finden sich selten. Bei Zusatz von wenig Jod hebt sich diese Hülle von dem blass violetten Stärkekorn ab, und gleichzeitig erkennt man dann noch deutlicher, dass namentlich häufig in den Zellen der äusseren Rinde die Stärkekörner in Mehrzahl in den einzelnen Chlorophyllbläschen auftreten, und dass sie viel kleiner, ihre grünen Protoplasmahüllen hingegen viel breiter, als in dem andern Gewebe sind.

Ausserdem das *Bryophyllum* bereits eine Menge Stärke als Reservenahrung besitzt, treten als solche wahrscheinlich auch noch die Gerbstoffe in ausgedehntester Verbreitung in der Pflanze auf. Schon beim Anfertigen der Präparate beobachtet man an den Schnittflächen, besonders jüngerer Pflanzentheile eine schwache Tintereaktion, welche bei Zusatz von Eisenvitriol viel stärker hervortritt.

Das Wachsthum der verschiedenen Gewebe.

Während bei *Bryophyllum* das Periderm nie eine auffallende Dicke erlangt, und auch das Hypodermis nicht wesentlich zur Verdickung des Stengelumfanges beiträgt, entwickelt sich dagegen das unter letzterem liegende Rindenparenchym mächtig. Dasselbe macht auch in älteren Pflanzentheilen gemeinsam mit dem Marke deren Hauptmasse aus, desswegen findet eine beständige reichliche Vermehrung und ein bedeutendes Wachsthum der Zellen beider Gewebe statt:

Mark und Rinde vermitteln hauptsächlich das Dickenwachsthum des Stengels von *Bryophyllum*.

Bezüglich ihrer Ausbildung verhalten sich Rinde und Mark etwa gleich, auf Querschnitten aller nicht zu alten Internodien differiren die Dicke der ersteren und der Radius der letzteren nie wesentlich, in älteren Stengeltheilen findet man bei directen Messungen häufig beim Mark etwas grössere Zahlenverhältnisse als bei der Rinde. Vergleicht man ferner Querschnitte des jüngsten Internodiums mit denjenigen solcher Stengeltheile, in welchen eben die Bildung secundären Xylems begonnen hat, so überzeugt man sich, dass von dem vierten bis etwa achten Internodium der

Radius des Markes und die Dicke des Rindengewebes sich mindestens verdoppeln.

Ja sogar mit der Anlage von secundärem Xylem hört die Ausdehnung des Markes nicht auf, und da bei *Bryophyllum* die primäre Rinde in allen ihren Theilen immer erhalten bleibt, so muss auch in ihr wie im Marke Vermehrung und Volumenvergrößerung der neu angelegten Zellen fortdauern. Die etwas stärkere Entwicklung des Markes scheint besonders durch Dehnung seiner Elemente in radialer Richtung bedingt zu sein.

Es wurde schon oben angedeutet, auf welche Weise sich das primäre Xylem an den Wachsthumsvorgängen im Stengel beteiligt. Durch das intervasale Cambium vermag es in seiner Ausbildung mit derjenigen des Markes Schritt zu halten. Allerdings geschieht dies mehr nur in indirecter Weise, indem sich die Anzahl seiner eigenen Elemente nicht wesentlich vergrößert, sondern letztere sich durch die im intervasalen Cambium stattfindenden Vermehrungs- und Wachsthumsvorgänge tangential und radial immer mehr ausbreiten. Auch das innere oder markständige interfasciculare Phloëm nimmt in der oben besprochenen Weise an Umfang zu und trägt so ebenfalls zum allgemeinen Dickenwachsthum des Stengels bei. Indem jedoch sein Gesamtwachsthum meist hinter demjenigen des intervasalen Cambiums zurückbleibt, rücken die Gefäßgruppen später einander etwas näher. Dieser Vorgang gibt den Anschein, als ob sich die Strecken des interfascicularen Xylems verschmälern.

Etwas einlässlicher müssen wir am Schlusse dieser Auseinandersetzungen, die im secundären Xylem stattfindenden Wachsthumsvorgänge besprechen, so weit dieselben die Vergrößerung seiner Gesamtgewebemasse bewirken.

Wir haben oben gesehen, dass im Holzkörper von *Bryophyllum* keine Markstrahlen vorkommen, und dass ferner bei der Bildung von secundärem Xylem sämtliche innere Zellen des Cambiumringes in Holzzellen umgewandelt werden. Es kommt also im Holzring von *Bryophyllum* weder

Cambium noch Meristem vor, und somit kann eine Vermehrung seiner Elemente in tangentialer Richtung weder durch prosenchymatische noch parenchymatische Bildungsgewebe vermittelt werden. Dennoch aber muss wegen des andauernden Wachstums des Markes, sowie des intervasalen Cambiums und innern oder markständigen interfascicularen Phloëms in der Folge eine bedeutende Erweiterung des einmal angelegten Holzringes stattfinden.

Es wurde ferner erwähnt, dass der Holzring auf Querschnitten stets aus genau radialen Reihen zusammengesetzt ist, deren jede in ihrer ganzen Ausdehnung immer nur aus annähernd gleich weiten Zellen besteht, woraus sich von selbst ergibt, dass Längswände, welche sich nicht auf die ursprüngliche Entstehung und Anordnung der Zellen zurückführen lassen, in den Holzzellen nicht vorhanden sind. Hiemit kann sich die Zahl der Holzzellen nicht durch longitudinale Theilungen vermehren.

Da ferner auf allen Querschnitten sehr verschieden alter Internodien die weitesten Holzzellen von etwa demselben Durchmesser sind, so kann eine Erweiterung des ganzen Holzringes nicht durch eine tangentiale Volumenzunahme seiner einzelnen Elemente stattfinden.

Da also die Erweiterung des Ringes des secundären Xylems weder durch ein Bildungsgewebe innerhalb seiner Theile, noch durch Vermehrung seiner Zellen durch longitudinale Theilungen, noch endlich durch tangentiale Vergrößerung derselben bedingt ist; so bleibt als einzig mögliche Ursache der Erweiterung des Holzringes:

Die Fähigkeit jeder einzelnen Holzzelle, sich selbstständig zu verlängern und neben und zwischen die sie umgebenden Holzzellen ein- und vorbeizuschieben.

Diese Fähigkeit der Holzzellen mag für das Wachstum des Holzringes vieler anderer Pflanzen von untergeordneter Bedeutung sein, indem bei ihnen das Mark bald seine Entwicklungsfähigkeit einbüsst, und das Dickenwachsthum dann

von Aussen her durch Auflagerung neuer Elemente durch das Cambium vermittelt wird; für *Bryophyllum* hingegen ist in jeder Beziehung die Bildung neuer Holzzellen aus dem Cambiumring von geringerer Bedeutung, das selbstständige Wachsthum der einzelnen Holzzelle aber von der höchsten Bedeutung.

Die von Botanikern wohl schon wiederholt aufgestellte Ansicht „dass eine Erweiterung des Holzringes durch das selbstständige Wachsthum der einzelnen Holzzellen stattfindet“, erhält durch die Vorgänge im Stengel von *Bryophyllum* eine untrügliche Stütze.

Das selbstständige Wachsthum der einzelnen Holzzelle erklärt schliesslich auch folgende Erscheinungen:

Erstens, dass man auf Querschnitten durch ältere Holzpartien in den meisten Fällen radiale Reihen weiter und enger Zellen abwechseln sieht, hingegen auf Querschnitten durch die jüngsten Partien viel weniger enge Zellen wahrnimmt, und letztere viel seltener von der Kleinheit sind, wie sie so häufig im erstern Falle auftreten.

Zweitens, dass die Zellen von kleinstem Durchmesser und annähernd isodiametrischer Gestalt vorzugsweise in den Zwischenräumen von je vier Zellen zweier grossen Reihen liegen, indem in diesen Zwischenräumen den für sich selbstständig fortwachsenden zugespitzten Zellen der geringste Widerstand geboten ist.

Drittens, dass auf Querschnitten durch alte Stengeltheile die Anzahl sämmtlicher radialen Reihen etwa die doppelte ist, als auf denjenigen mit jüngster Holzbildung.

Die Möglichkeit, dass sich auf die beschriebene Weise der Holzring um ein bedeutendes ausdehne, setzt zwar nicht unbedingt voraus, dass auf tangentialen Längsschnitten die Enden der einzelnen einander benachbarten Zellen an möglichst verschiedenen Punkten der Längsausdehnung des Internodiums liegen, bei *Bryophyllum* sind jedoch in der That die Holzzellen auf tangentialen Längsschnitten unregelmässig angeordnet. Es liegt kein Grund vor, warum

man neben dem selbstständigen Wachsthum der einzelnen Holzzellen und etwa ihrer unregelmässigen Anordnung auf tangentialen Längsschnitten als Ursache der Erweiterung des Holzringes von *Bryophyllum* auch noch nachträgliche schiefe Theilungen in den Holzzellen annehmen müsste, welche die Zahl der sich zwischen einander einschiebenden Elemente vermehren würden.

Der Gefässbündelverlauf.

(Taf. VIII Fig. 20.)

In jedes Blatt eines Wirtels treten aus dem Stengel drei Fibrovasalstränge, welche sich im Blattstiele zu einem einzigen Strange vereinigen; die Blattspuren sind also dreisträngig.

Die Medianstränge setzen sich durch zwei Internodien abwärts fort und gabeln sich über einem Medianstrange des zweituntern Blattpaares, die Gabeläste werden vereintläufig mit den Lateralsträngen der Blätter des nächst untern Paares, und zwar geschieht dies entweder im Knoten selbst, über welchem die Gabelung eintritt, was seltener der Fall ist, siehe *IV e* links, *V c* links, *VII c* links, *IX c* rechts und *f*, oder aber mehr oder weniger weiter unten, siehe *III c* und *f*, *V c* rechts, *VI e*, *VII c* rechts. Abweichungen von diesen zweierlei Verhalten siehe *II b*, *IV b*, *V f*, wo der Medianstrang sich nicht gabelt. Noch andere, und zwar seltene Abweichungen siehe *VI b*, wo der sich nicht gabelnde Medianstrang mit dem Medianstrang des zweituntern Blattpaares vereintläufig wird, ferner *IX c*, wo der eine Gabelast sich ebenso verhält.

Die Lateralstränge setzen sich durch ein Internodium gerade abwärts fort, verschränken sich sodann mit dem Medianstrange und Lateralstrange des nächst untern Blattpaares, steigen durch ein zweites Internodium gerade hinunter und gabeln sich hier entweder oder werden nur tangential schief einwärts oder ausswärts abgelenkt. Die Gabeläste werden entweder schon im Knoten, über welchen die Gabelung eintritt (in seltenen Fällen), oder mehr oder weniger weiter unten vereintläufig mit einem

Median- resp. Lateralstränge des einen Blattes des nächst untern Paares, siehe *II a*, *III a*, *V a* und *b*, *VI a*, *d* und *f*, *VII e*, *VIII d*, *IX a*. Bei blosser Ablenkung ohne Gabelung werden die Lateralstränge vereintläufig entweder mit dem Medianstränge eines Blattes des nächst untern Paares, siehe *II c* und *d*, *III b*, *d* und *e*, *IV a*, *c*, *d* und *f*, *V d*, *VII a* und *b*, *VIII a* und *f*, oder aber mit dem Lateralstränge eines Blattes des nächst untern Paares, siehe *II f*, *VI c*. Abweichungen von diesem Verhalten siehe *IX b*, wo der sich gabelnde Lateralstrang mit zwei Lateralsträngen vereintläufig wird, von welchen der eine einem nächst untern, der andre einem zweituntern Blattpaare angehört, ferner *V e*, *VIII c*, wo der sich nicht gabelnde Lateralstrang mit einem Lateralstrang des zweituntern Blattpaares vereintläufig wird.

Die Gabelung oder die einfach tangentielle Ablenkung eines Median- oder Lateralstranges findet in ziemlich verschiedenen Regionen des Internodiums statt, in den meisten Fällen geschieht dies in der Nähe des zweituntern Knotens, seltener und zwar namentlich in ältern Internodien, aber auch schon weiter oben, siehe *IV b*, *V b* und *c*, *VIII b* und *e*, *IX d* und *f*. Die Richtungsänderung der einzelnen Stränge zweier Blattspuren eines und desselben Wirtels kann je auf ziemlich verschiedener Höhe beginnen, siehe die Stränge von *V*, *VIII* und *IX*. In ähnlicher Weise schwankt die Länge der Strecke, welche die Stränge nach eingetretener Gabelung oder Ablenkung im Stengel noch selbstständig durchlaufen. Es differiren hierin nicht nur die einzelnen Stränge zweier zusammengehörigen Blattspuren, siehe *II def*, *V aef*, *VI abc*, *VII aef* und *bcd*, *VIII abc*, *IX aef*, sondern auch die Gabelzweige eines und desselben Stranges, siehe *III a* und *c*, *V c*, *VI d*, *e* und *f*, *VII c* und *d*.

Da bei aller Regelmässigkeit im Grossen und Ganzen der Gefässbündelverlauf im Detail doch manigfach varirt, so erklärt es sich, warum die Zahl der Gefässbündel auf Querschnitten durch bestimmte Stellen verschiedener Internodien nicht dieselbe ist und an allen Stellen eines Internodiums zwischen zwölf und achtzehn schwanken kann. Dieser Umstand macht es nothwendig, bei den Untersuchungen des Gefässbündelverlaufes jedes

Theilchen eines Stengels zu verwenden und sich der zeitraubenden Arbeit zu unterziehen, denselben seiner ganzen Länge nach in dünne Querschnitte zu zerlegen. Aber auch noch aus anderen Gründen ist es eine ziemlich mühsame Arbeit, bei *Bryophyllum* die Blattspuren ihrer ganzen Länge nach für sich und in ihren Beziehungen zu einander durch eine Anzahl von Internodien sicher zu verfolgen. Diese Aufgabe wird, wenigstens in älteren Stengeltheilen, durch die bedeutende Entwicklung von intervasalem Cambium schwieriger, indem bekanntlich durch sie die einzelnen Theile des primären Xylems bisweilen so gelockert und von einander entfernt werden, dass sie nicht immer leicht als Glieder eines einzigen Gewebekörpers erkannt werden können. In Folge hiervon kann eine Gruppe von Gefässen sich von den übrigen zugehörigen ablösen und als selbstständiges Bündel erscheinen, siehe *VI bx* und *fx*, *VII cx* und *fy*, *VIII byy* und *ey*, *IX fx* und *y*. Solche stammeigenen Bündel laufen entweder selbstständig aus, siehe *VII cx* und *IX fx*, oder sie convergiren später wieder zum Mutterstrange und legen sich an diesen an, siehe *VI bx* und *fx*, oder aber sie bleiben divergent zu ihm und vereinigen sich mit Gabelästen oder abgelenkten Enden von Median- oder Lateralsträngen, siehe *VII fy*, *VIII by* und *y*, *VIII ey*, *IX fy*. Bisweilen spaltet sich ein Strang schon im ersten Internodium in zwei Schenkel, welche sich aber später nochmals zu einem einzigen Strange vereinigen, siehe *X azz*, *X czz*, *X dzz* (?), *X ezz* (?).

Nachdem mehrere Gefässbündeluntersuchungen an frischen Sprossen gemacht worden waren, schritt ich zu folgendem Versuch: Es wurde ein Spross mit seinem untern Ende in eine durch Auskochen von Rothholz erhaltene concentrirte Farblösung getaucht, darin die Schnittfläche erneuert, hierauf die Flüssigkeit so weit abpipettirt, dass der Spross nur noch wenig über die Schnittfläche in der Farblösung stand. Nachdem der Spross einige Tage in letzterer gestanden hatte und durch das Aussehen seiner Blätter anzeigte, dass die Farblösung bis zu seiner Spitze emporgestiegen sei, wurde er für die Gefässbündeluntersuchung verwendet: Auf allen gemachten Querschnitten sah man den dunkeln Farbstoff, und zwar zeigte sich derselbe überall an sämt-

lichen Gefässen, ausserdem aber nur noch, jedoch in viel schwächerem Grade, an Zellen des intervasalen Cambium. Während das andere Gewebe in den oberen Internodien keine Spuren von der Aufnahme dieses Stoffes zeigte, waren in denjenigen Stengeltheilen, in welchen sich bereits secundäres Xylem gebildet hatte, zwar auch die Membranen der Holzzellen gefärbt, hingegen nicht dunkelrothbraun, sondern gelb. Ich werde auf diese einfache Methode der Infiltration der Gefässe mit einer Farblösung in dem zweiten Theile dieser Arbeit zurückkommen. Dass dieselbe für den hier vorliegenden Fall empfehlenswerth ist, hat der Erfolg gelehrt. Ob dasselbe oder ähnliche Mittel bereits in gleichem Sinne bei Untersuchung der Anordnung der Gefässe angewendet worden sind, ist mir nicht bekannt,*) dass es sich aber zu demselben Zwecke nicht allein für *Bryophyllum*, sondern auch für andere Pflanzen wird verwenden lassen, dürfte wohl sicher anzunehmen sein.

*) Vergl. Sachs, Lehrbuch der Botanik, drittes Buch pag. 652. Vergl. auch II Theil erster Abschnitt.

II. Theil.

Der erste Abschnitt des vorliegenden Theiles wird den Ort der Tropfenbildung am Blatte, den anatomischen Bau der Gewebe, welche die Tropfen ausscheiden und die Beziehungen des Gefässbündelverlaufes zu jenen Geweben besprechen, sodann zeigen, dass die Thatsachen, welche sich aus den mikroskopischen Untersuchungen ergeben haben, auch durch das Experiment eine zweifellose Bestätigung fanden. Der zweite Abschnitt handelt von der Entwicklung des Blattes überhaupt.

I. Abschnitt.

Die Tropfenbildung am Blatte.

Es wurde bereits in der Einleitung angedeutet, dass ich die Anregung zu den hier mitzutheilenden Untersuchungen Herrn Professor Dr. **C. Cramer** verdanke. Derselbe hat schon lange vor dieser Zeit an einem von ihm im Zimmer erzogenen und cultivirten *Bryophyllum* häufig und reichlich an Blättern jeden Alters Tropfenausscheidung beobachtet. In Folge seiner Mittheilung habe ich die älteren Pflanzen des Gewächshauses, sowie die von mir erzogenen jungen Pflänzchen längere Zeit beobachtet. Die erste Ausscheidung von Tropfen nahm ich an den im Treibbeete cultivirten, aus Blättern erzogenen Pflänzchen wahr, was nicht befremden kann, da diese unter Verhältnissen vegetirten, welche besonders geeignet sind, derartige Erscheinungen zu veranlassen; bald darauf habe ich aber auch an allen ältern Individuen Ausscheidung von Tropfen beobachtet. Diese Tropfen traten nur auf der untern Blattseite auf und zwar an dem Blattrande nahe befindlichen Stellen.

Es lag die Vermuthung nahe, dass das meristematische Gewebe im Grunde der Kerben in ursächlicher Beziehung zu dieser Tropfenbildung stehe, so dass dasselbe also nicht nur als Bildungsgewebe der Adventivknospen von hoher morphologischer Bedeutung sei, sondern auch in physiologischer Hinsicht eine Rolle in der Entwicklung von *Bryophyllum calycinum* spiele. Nachdem ich den Ort, wo die Tropfen sich ausscheiden, genauer fixirt hatte und erkannte, dass sie sich nahe der Spitze eines Kerbzahnes bildeten, erwies sich jedoch diese Vermuthung als irrig, und es war nun die Aufgabe, zu untersuchen, ob am Blatte von *Bryophyllum* etwa noch ein zweites eigenartig entwickeltes Gewebe in der Gegend der Spitze der Kerbzähne vorkomme, wie ein solches zwischen je zwei Kerbzähnen an deren Basis auftritt.

Schon eine sorgfältigere Betrachtung der Blätter mit blossem Auge oder einer Lupe genügt, um sich von der Richtigkeit dieser Ansicht zu überzeugen. Man nimmt nämlich an jedem primären oder secundären Kerbzahne einen rundlichen Fleck wahr, welcher meist etwas von seiner Spitze und vom Blattrande entfernt ist und sich durch Gestalt und grössere Durchsichtigkeit resp. helleres Grün auszeichnet und durch letztere Eigenschaft an das im Grunde der Kerbe unmittelbar am Blattrande gelegene Bildungsgewebe erinnert. Die Lage dieser lichten Stellen ist nicht an allen Blättern eine übereinstimmende, an den jüngsten sieht man sie genau in der Spitze des Kerbzahnes, sie liegen aber jener bei alten Blättern oft ziemlich entfernt, ja es kommt vor, dass sie sich in einer mittleren Partie des Kerbzahnes befinden; letzteres beobachtet man an solchen Blättern, welche streng genommen als gekerbte und nicht kerbzähnige zu bezeichnen wären. Ueberhaupt scheint die Verschiedenheit der Lage mit dem Polymorphismus der Blätter von *Bryophyllum* zusammen zu hängen*). Die lichtere Färbung tritt meist erst deutlich hervor, wenn man das Blatt in durchfallendem Tages-

*) Vergl. Abschnitt II dieses Theiles.

lichte betrachtet, dabei ist die Wirkung am stärksten, wenn die untere Blattseite dem Auge zugewendet wird.

Die gestaltlichen Verhältnisse erkennt man zum Theil schon mit blossem Auge; mit einer Lupe nimmt man wahr, dass an diesen lichter Partien das Blatt etwas gedunsen ist. Den Blattrand in der Richtung der Blattfläche betrachtend, erscheint diese Gedunsenheit an jungen Blättern stärker nach der unteren Blattseite, an älteren oft aber nach der oberen stärker ausgebildet, und betrachtet man auf der unteren Seite die tropfenbildenden Stellen von der Blattfläche, so nimmt man inmitten einer schwachen ringartigen Erhebung eine kleine Vertiefung wahr, während man auf der oberen Blattseite nur eine einfache Wölbung erkennt.

Mehr konnte ich ohne Anwendung des Mikroskopes nicht entdecken; bevor jedoch die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen mitgetheilt werden, mögen noch einige auf die Tropfenausscheidung im Allgemeinen bezügliche Thatsachen Erwähnung finden.

Wie ich die Tropfenausscheidung zuerst an jungen, aus Blättern erzogenen Pflänzchen des Treibbeetes beobachtet habe so sah ich dieselbe auch in der Folge am häufigsten an jungen, dagegen viel weniger an älteren Pflanzen, jeden Morgen fand ich an ersteren die Primordialblättchen mit Tropfen besetzt. Meist entsprach die Zahl der Tropfen derjenigen der Kerbzähne. Nachdem diese Pflänzchen in Töpfe gesetzt und aus dem Treibbeete entfernt worden waren, wurden sie längere Zeit allabendlich unter Glasglocken gestellt, und jeden Morgen waren ihre Blättchen mit grossen Tropfen besetzt. An den so behandelten Pflänzchen war das zweite Blattpaar noch in der Ausbildung begriffen, seine Blättchen zeigten aber ebenso gut, wie die Primordialblättchen Tropfenbildung, welche auch an erwachseneren Pflanzen an den jungen Blättern schon auftritt, wenn diese eben erst dem Auge deutlicher sichtbar werden.

Die Tropfen der jüngsten Blättchen waren im Verhältnisse zur Kleinheit der letzteren und im Vergleiche mit der Grösse derjenigen von ältern Blättern sehr gross.

An jedem Blatte treten im Laufe seiner Ausbildung die ersten Tropfen am Endzahne auf; wenn die Blätter noch ganz jung sind, beobachtet man in der Regel nur an diesem einen relativ grossen Tropfen, eine Erscheinung, welche mit der basipetalen Entstehung der Kerbzähne des Blattes, sowie mit der Art der Anlage seiner Gefässbündel zusammenhängt*).

Mit Pflanzen verschiedenen Alters wiederholt experimentirend, bestätigte sich stets, dass vorangegangenes Begiessen die Pflanze für einige Tage ganz besonders zur Ausscheidung von Tropfen disponire. Dafür, dass die Ausscheidung von Tropfen bei Erhöhung der Bodenwärme unter gleichzeitiger Herabdrückung der Transpiration durch Bedeckung und Verminderung der Temperatur der Luft noch mehr befördert werde, spricht schon der Umstand, dass diese Erscheinung am häufigsten und stärksten an den Pflänzchen des Treibbeetes an jedem Morgen beobachtet werden konnte; ich habe mich aber auch noch durch directe Versuche hiervon überzeugt:

Zu dem Zwecke wurde wiederholt eine mehr als einjährige Pflanze, nachdem sie am Tage frisch begossen worden war, während der folgenden Nacht auf ein durchwärmtes, aber völlig trockenes Erdbeet unter eine Glasglocke gestellt, am folgenden Morgen waren die Blätter des verschiedensten Alters mit zahlreichen Tropfen besetzt, an den jüngeren und jüngsten Blättern trug meist jeder Kerbzahn einen Tropfen, an den alten Blättern traten die Tropfen weniger zahlreich und nicht in deutlich kugelförmiger Gestalt auf. Diese Erscheinung wiederholte sich in etwa gleich starkem Masse während zwei oder drei Nächten unmittelbar nach jedem einmaligen Begiessen. Am dritten oder vierten Morgen war die bisher beobachtete Tropfenbildung in weit geringerem Masse wahrnehmbar, dagegen trat folgende Erscheinung zu Tage. Sämmtliche Blätter sah man an der oberen und unteren Fläche, sowie am Rande mit zahlreichen Thautröpfchen besetzt, welche an den Stellen am deutlichsten unterscheidbar waren, wo sich die Epi-

*) Vergleiche hierüber das Capitel über die Entwicklung des Blattes, II Theil Abschnitt 2.

dermiszellen am stärksten papillenförmig hervorwölben, also im Allgemeinen am Blattrande, bei jungen Blättern sah man sie deshalb ganz besonders an den Spitzen der Kerbzähne und am allergrössten an einer mittleren Partie des Endzahnes*). Der Wassergehalt der ganzen Pflanze war in diesem Falle offenbar nicht mehr so bedeutend, dass sich aus jedem Kerbzahne ein grosser Tropfen hätte ausscheiden können, immerhin aber war in Folge der allgemeinen Transpiration der Pflanze der eng völlig abgeschlossene Raum der Glasglocke mit Wasserdunst geschwängert worden, welcher sich in Form von tropfbar flüssigen Wassers wieder auf die Pflanze selbst abschied und zwar wegen der Beschaffenheit der Epidermis an ganz bestimmten Stellen der Blätter. Auch ganz junge, frisch begossene Pflänzchen wurden auf das durchwärmte, trockene Beet unter Glasglocken gestellt, das Resultat war natürlich ein ähnliches, wie an der erwachsenen Pflanze und entsprach vollkommen den Erscheinungen, welche man an den Pflänzchen wahrnahm, als sie sich noch im Treibbeete befanden.

Dass die Tropfenausscheidung noch weit mehr als durch Zufuhr von Wasser oder durch Bodenwärme, durch Erhöhung des Druckes des Zellsaftes befördert wird, soll später besprochen werden**).

Die an der untern Seite der Kerbzähne sich ausscheidenden Tropfen zeigten mit Lackmus weder eine alkalische, noch saure Reaktion und sind also als reines Wasser zu betrachten.

Zum Zwecke der mikroskopischen Untersuchung der tropfenausscheidenden Gewebepartien war es nöthig, erstens, Schnitte senkrecht zum Blattrande und zur Blattfläche, zweitens, Schnitte senkrecht zur Blattfläche und parallel dem Blattrande, drittens, Blattflächenschnitte anzufertigen. Auf allen drei Arten erkennt man sofort, dass sich auch in dem Theile des Blattes, an welchem sich die Tropfen ausscheiden, ein eigenartiges Gewebe vor-

*) Vergl. die Entwicklung des Blattes, II Theil zweiter Abschnitt.

**) Vergl. pag. 68.

findet. Wie bei der Untersuchung des Bildungsgewebes der Adventivknospen, habe ich auch das Gewebe in den Spitzen der Kerbzähne auf möglichst junge Entwicklungsstadien des Blattes zurück verfolgt, jedoch für dasselbe noch weniger, als für das Bildungsgewebe die allererste Anlage erkannt; woraus sich dann von selbst ergibt, dass das tropfenausscheidende Gewebe sich schon sehr früh im Blatte differenzirt, eine Folgerung, welche sich übrigens auch schon mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit aus dem Vorkommen von Tropfen an den noch sehr jungen Blättchen herleiten lässt.

Bei den hier zu besprechenden Untersuchungen kam es vor Allem darauf an, festzustellen: Erstens, dass das an bestimmten Stellen der Kerbzähne lokalisierte, von den Geweben aller anderen Blattpartien auffallend verschiedene Gewebe wirklich und allein die Tropfenausscheidung bewirke; zweitens, auf welche Weise diese stattefinde, oder warum sich die Tropfen nur an der unteren Blattseite bilden; drittens, auf welchem Wege das Wasser an den Ort seiner Ausscheidung geschafft werde.

Auf senkrecht zum Blattrande durch die lichten Stellen geführten Schnitten, *Taf. IV Fig. 13*, erkennt man an einer um etwa sechs Zelllagen vom Blattrande, E, entfernten Stelle ein aus kleinen, zartwandigen, chlorophyllfreien Zellen bestehendes Gewebe. Dieses Gewebe nimmt etwa zwei Drittel der Dicke des Blattes ein, liegt aber nicht genau in der Mitte zwischen der oberen und unteren (*i i*) Blattseite, sondern der Epidermis der letzteren näher; an der oberen Blattseite befinden sich etwa vier Lagen von grösseren chlorophyllführenden Parenchymzellen zwischen dem farblosen Gewebe und der Epidermis, an der unteren dagegen meist nur eine Lage. Vom Blattrande, E, nach der Blattmitte hat das Gewebe ungefähr die gleiche Ausdehnung, wie zwischen den beiden Blattseiten. Die Zellen dieses Gewebes sind nicht von gleicher Grösse, am kleinsten sind sie in dem der oberen Blattfläche nächst gelegenen Theile des Gewebes, von hier aus nehmen sie nach der unteren Blattfläche, *i i*, an Grösse zu: Vom Blattinnern aus läuft zu diesem Gewebe ein Gefässstrang; dieser ist trotz der Nähe des Blatt-

randes ziemlich stark, seine Gefässe sind Fusionen, und die einzelnen Glieder derselben ziemlich kurz. Dieser Gefässstrang, welcher sich als dünnerer Strang noch an der oberen Blattseite zwischen dem farblosen Gewebe und dem Blattparenchym fortsetzt, spaltet sich in der Umgebung des ersteren in seine einzelnen Gefässe, an deren Enden sich unmittelbar die Zellen des farblosen Gewebes ansetzen. Diese Zellen sind nicht isodiametrisch, sondern zeigen durch ihre gestreckte Gestalt genetische Beziehungen zu den Gliedern der einzelnen Gefässe an. Von den Enden der Gefässe verlaufen die Zellen des farblosen Gewebes anfangs deutlich in Reihen, welche bogenförmig von der oberen nach der unteren Blattseite gerichtet sind. Nicht nur die einem Gefässe unmittelbar angrenzende Zelle solcher Reihe ist gestreckt, sondern meist haben noch zwei oder drei folgende Zellen eine ähnliche Gestalt, die ihnen nächstfolgenden sind mehr polyedrisch, die entfernteren aber abgerundet.

Zwischen den den Gefässen näher liegenden Zellen des farblosen Gewebes nimmt man selten Interzellularräume wahr, welche hingegen deutlich und zahlreich in dem anderen Theile desselben und namentlich zwischen den rundlichen Zellen auftreten. Die meisten dieser Zellreihen erstrecken sich nicht bis in die Nähe der unteren Epidermis, *e e* bei *i i*, sondern enden in verschiedenen Schichten des Blattes um einen Hohlraum, *h*, die letzteren unmittelbar umgebenden Zellen, ebenso zartwandig wie alle anderen Zellen des farblosen Gewebes, sind die grössten und wölben sich in den Hohlraum hinein, wodurch dieser eine unregelmässige Gestalt erhält. Dieser Hohlraum ist auf Schnitten senkrecht zur Blattfläche von der unteren Epidermis meist nur durch eine Zelle oder durch zwei in Richtung der Blattfläche neben einander liegende Zellen, also überhaupt nur durch eine einfache Zellschicht geschieden, er hat seine grösste Ausdehnung zwischen der unteren und oberen Blattseite, in Richtung der Blattfläche ist er nur klein, *Taf. V Fig. 15*, und da er sich hier in der Mitte des Gewebes befindet, so wird er auf Schnitten senkrecht zum Blattrand, *Taf. IV Fig. 13*, nur erkannt, wenn

die Mitte des farblosen Gewebes getroffen wurde. Die Ausdehnung des Hohlraumes zwischen unterer und oberer Blattseite ist in verschiedenen Fällen eine ungleiche, sie scheint mit dem Alter des Blattes zuzunehmen. An die kleinen peripherischen Zellen des farblosen Gewebes oder an die ihnen anliegenden Gefässe grenzen unmittelbar kleine chlorophyllführende Parenchymzellen.

Auf Schnitten senkrecht zum Blattrande sieht man auf der unteren Blattseite in der Epidermis senkrecht über dem Hohlraum eine seichte Vertiefung, *Taf. IV Fig. 13 C*, in welcher die Epidermiszellen klein und schwach cuticularisirt sind, sowie stets zwei oder drei Spaltöffnungen, *s s s*, liegen.

Am ähnlichsten den eben beschriebenen Verhältnissen sind diejenigen, welche man auf parallel zum Blattrande und senkrecht zur Blattfläche geführten Schnitten sieht. *Taf. IV Fig. 14*. Auf diesen sind folgende Verhältnisse gleich denjenigen auf Schnitten senkrecht zum Blattrande: Die Lage des farblosen Gewebes zwischen der oberen und unteren (*i i*) Blattseite, die Art seiner Begrenzung durch das Blattparenchym, die Dimensionen und die Anordnung seiner Zellen, die Beschaffenheit des Hohlraumes, *h*, und die Ausbildung der unteren Epidermis senkrecht über letzterem, *e e* bei *C*. Hingegen zeigt die Ausdehnung des ganzen Gewebes, sowie die Zahl und Anordnung der auf dasselbe zulaufenden Gefässstränge Abweichungen. Es hat nämlich erstens das Gewebe eine grössere Breite, und zweitens tritt an jede seiner beiden Seiten ein Gefässstrang. Jeder dieser zwei Stränge ist ebenfalls ziemlich stark, setzt sich als dünnerer Strang an der oberen Blattseite zwischen den farblosen Zellen und dem chlorophyllführenden Blattparenchym fort und spaltet sich in der Umgebung des farblosen Gewebes in die einzelnen Gefässe, an deren Enden sich die Zellen in der früher beschriebenen Weise anlegen. Das Auftreten zweier Gefässstränge bedingt es, dass die Zellen des farblosen Gewebes in zwei Systemen von bogenförmig gegen die untere Blattfläche, *Taf. IV Fig. 14 i i*, gerichteten Reihen verlaufen, und die Reihen in einer mittleren Partie des ganzen Gewebes mehr einen geraden, d. h.

von der oberen nach der unteren Blattseite gerichteten Verlauf haben.

Blattflächenschnitte, *Taf. V Fig. 15*, bieten Neues nur bezüglich des Gefässbündelverlaufes. Die Breite des farblosen Gewebes ist auf ihnen natürlich dieselbe, wie auf Schnitten parallel dem Blattrande, und seine Entfernung vom Blattrand, *E*, ist die gleiche, wie auf Schnitten senkrecht zu diesem. Der Hohlraum, *h*, liegt mehr oder weniger excentrisch nach dem Blattrande, *E*, die Anzahl der Schichten kleiner farbloser Zellen, welche ihn vom Blattparenchym trennen, wechselt je nach der Region, durch welche der Schnitt geführt wurde, sie ist am grössten auf einem mittleren Schnitte. Geht letzterer zu nah der oberen Blattseite, so fehlt der Hohlraum und an seiner Stelle sieht man im Innern des farblosen Gewebes eine Anzahl etwas grösserer rundlicher Zellen. Für alle anderen Verhältnisse gilt im Allgemeinen das bereits Mitgetheilte. Vergl. *Fig. 13*.

Auf Blattflächenschnitten *Taf. V Fig. 15*, sieht man mindestens drei Gefässstränge auf das farblose Gewebe zulaufen, von denen der eine senkrecht auf den Blattrand, *E*, die beiden anderen senkrecht zu erstem und einander entgegen gerichtet sind. Da diese drei Gefässstränge dieselben sind, welche man auf Schnitten senkrecht zum Blattrand oder parallel dem selben, *Taf. IV Fig. 13* und *14*, antrifft, so ist selbstverständlich, dass sie auch auf Blattflächenschnitten Verhältnisse, wie sie schon bei den anderen Schnitten besprochen wurden, zeigen werden. Der senkrecht auf den Blattrand laufende Strang gabelt sich in der Umgebung des farblosen Gewebes, und seine beiden Gabeläste laufen an der Grenze desselben auf die zwei anderen Gefässstränge zu. Diese gabeln sich ebenfalls, der eine ihrer Gabeläste vereint sich mit demjenigen des senkrecht auf den Blattrand laufenden Stranges, der andere Gabelast läuft nach dem Blattrande an der Grenze des farblosen Gewebes hin. Auf diese Weise wird letzteres in der Blattebene noch mehr als in Richtungen senkrecht zu ihr von Gefässen umschlossen. Die drei Gefässstränge, oder deren Gabeläste spalten sich auch in der Blattebene in ihre Gefässe, so dass also jedes der drei über-

haupt an das farblose Gewebe grenzenden Bündel an seinem Ende vielfach zertheilt ist, wodurch zahlreiche Anheftungspunkte für die Zellen des farblosen Gewebes geboten und also auch viele Ausgangspunkte von Zellreihen vorhanden sind. Der vielseitigen Anordnung der einzelnen Gefässsstränge auf Blattflächenschnitten entspricht natürlich eine mannigfaltigere Anordnung der Zellreihen des farblosen Gewebes, welche strahlig oder radienartig nach dessen Hohlraume, *h*, gerichtet sind.

Aus der Betrachtung der in den drei Hauptrichtungen des Raumes geführten Schnitten erhellt die wichtige Thatsache, dass das farblose Gewebe der Kerbzähne nur an einer Stelle nicht von Gefässen umringt ist, nämlich an der unteren Epidermis.

Da das farblose Gewebe schon sehr früh im Blatte angelegt wird, und sogleich auch seine besprochenen Beziehungen zu den anderen Geweben desselben hervortreten, so bieten die farblosen Gewebe verschieden alter Blätter eigentlich nur Unterschiede bezüglich der Ausdehnung, welche hier weiter zu verfolgen kein Interesse haben kann.

Es wird zwar später noch einlässlicher durch Mittheilung der Ergebnisse physiologischer Versuche der Beweis geleistet werden, dass in der That dies farblose, kleinzellige, zartwandige Gewebe in den Kerbzähnen die Ausscheidung der Tropfen besorgt, und dass speciell der Hohlraum in seinem Inneren als ein Reservoir für die nach Aussen abzusondernde Flüssigkeit anzusehen ist, immerhin aber lassen schon die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen kaum eine andere Deutung zu.

Wir wollen uns jetzt zunächst der Lösung der zweiten Frage zuwenden und sehen, warum die Tropfen sich nur an der unteren Blattseite bilden.

Hierfür spricht zunächst die Lage des ganzen farblosen Gewebes und namentlich des Hohlraumes in seinem Inneren, da nach früherem ersteres der untern Epidermis näher liegt, als der oberen, und der Hohlraum wegen seiner excentrischen Lage in dem farblosen Gewebe sich der untern Epidermis ganz besonders nähert. *Taf. IV Fig. 13 und 14.* Seine Annäherung zur

Aussenpartie der unteren Blattseite wird noch durch die Einsenkung, C, der ihm vorliegenden Theile der untern Epidermis begünstigt.

Als zweiter Grund muss die anatomische Beschaffenheit der das farblose Gewebe überziehenden unteren Epidermis hervorgehoben werden. Auf allen Schnitten senkrecht zur Blattfläche, *Taf. IV Fig. 13* und *14*, sieht man deutlich, dass mindestens an der Stelle des farblosen Gewebes die Zellen der unteren Epidermis weniger cuticularisirt sind, als diejenigen der oberen, dass die in der Einsenkung gelegenen Epidermiszellen ganz besonders schwach cuticularisirt sind und auch sonst durch ihre Kleinheit den Eindruck zarterer Beschaffenheit machen. Da Spaltöffnungen über den tropfenausscheidenden Stellen an der obern Blattfläche fehlen, so ist mindestens denkbar, dass die dort an der untern Blattfläche vorkommenden Spaltöffnungen, s s, in Beziehung zu dem Ganzen tropfenausscheidenden Apparat stehen, wofern wenigstens diese Spaltöffnungen sich auf Benetzung nicht schliessen, würden sie dies thun, so wäre wohl in der schwachen Verdickung und Cuticularisirung der in der Vertiefung und deren Umgebung gelegenen Epidermiszellen die ausreichende Einrichtung für die Ausscheidung der Tropfen zu erblicken. Hiermit soll jedoch nicht behauptet werden, dass die Spaltöffnungen wirkliche Canäle für den Austritt tropfbar flüssigen Wassers bieten, auch eine andere deutliche Communication des Hohlraumes mit dem äussern Medium habe ich weder auf Schnitten senkrecht zur Blattfläche, noch auf Blattflächenschnitten bemerken können.

Die Bedeutung der Beschaffenheit der untern Epidermis wird noch klarer, wenn man letztere abhebt und mit der Aussenseite dem Objectiv zugekehrt betrachtet. *Taf. VI Fig. 16*. Auf solchen Epidermisschnitten sieht man zunächst, dass alle Epidermiszellen, welche nicht an der Stelle des farblosen Gewebes liegen, bei jungen Blättern zickzackig gebogene, bei älteren deutlich wellig verlaufende Seitenwände besitzen und desshalb bei letzteren lappig in einander greifen, dass ferner die Spaltöffnungen, welche, beiläufig bemerkt, bei *Bryophyllum* durch spiralige Vorbereitungstheilun-

gen angelegt werden und auf beiden Blattseiten auftreten, ziemlich zahlreich vorkommen und keine regelmässigen Anordnungsverhältnisse zeigen. Ganz anders ist die Epidermis beschaffen, welche das farblose Gewebe überzieht. Diese besteht aus zwei Zonen; in der Mitte, also senkrecht über dem Hohlraum, sieht man auffallend kleine, sehr zartwandige, deutlich polyedrische, eng aneinandergrenzende, etwas radial angeordnete Zellen und zwischen diesen eine Anzahl, meist fünf oder sechs kleine Spaltöffnungen; bisweilen liegt eine von diesen im Centrum des ganzen Gewebes, was aber nicht Regel ist. Um diese centrale Partie legt sich ein Ring von Zellen, welcher ungefähr eine Breite hat, die dem Durchmesser der centralen Partie entspricht. In dieser peripherischen Zone fehlen durchaus Spaltöffnungen, sie besteht aus Zellen verschiedener Gestalt, die der centralen Partie näheren sind, wiewohl grösser als die centralen Zellen, doch wie diese deutlich polyedrisch, nach Aussen aber gehen die Zellen allmählig durch Grössenzunahme und Verbiegung der Seitenwände in die gewöhnlichen Epidermiszellen über. Trotzdem grenzt sich diese zweite Zone nach Aussen ziemlich scharf ab, da an ihrer Peripherie sogleich die Spaltöffnungen in grosser Zahl auftreten. Auch nach dem Blattrande, *Taf. VI Fig. 16 E*, hin nehmen die Zellen zwar an Grösse zu, bleiben jedoch deutlich polyedrisch und es treten hier nie Spaltöffnungen auf. Die spaltöffnungsfreie Zone grenzt an dieser Stelle als vier oder fünf Zellen breiter Gürtel unmittelbar an die Epidermis, *e e*. Durch verschiedenes Einstellen überzeugt man sich, dass die kleinen Zellen der Spaltöffnungen führenden centralen Partie die tiefste Lage haben und dass sich das Gewebe um sie wallartig erhebt.

Wir gehen zur Lösung der dritten Frage über: Wie wird die auszuscheidende Flüssigkeit zu dem farblosen Gewebe geschafft. An die mikroskopischen Untersuchungen über den Bau des farblosen Gewebes anknüpfend, haben wir in Folgendem eine Anzahl physiologischer Versuche zu besprechen.

Der Hohlraum im Inneren des farblosen Gewebes wurde als Wasserreservoir im engern Sinne bezeichnet, man darf aber wohl das ganze farblose Gewebe als solches auffassen und den

in dasselbe ausmündenden Gefässen die Rolle von Zuleitungscanälen zuerkennen. Man kann übrigens ebenso gut nur den einen grossen Interzellularraum darstellenden Hohlraum und die ihn umgebenden grösseren zartwandigen Zellen mit ihren Interzellularräumen als Wasserreservoir auffassen, die entfernteren kleineren Zellen der Reihen, wie die Gefässe selbst als Zuleitungscanäle betrachten, ohne dass dadurch die Art der Auffassung der ganzen Erscheinung geändert wird. Klar ist, dass in den zahlreichen Gefässen der Kerbzähne eine Menge von Wasser herbeigeschafft werden könne, dass ferner die strahlige Anordnung der Zellen des farblosen Gewebes und ihre Zartwandigkeit für die Weiterbeförderung des Wassers günstig sein müssen, und dass endlich der ziemliche Umfang des ganzen farblosen Gewebes Raum bietet für Ansammlung einer grösseren Menge Wasser. Dafür, dass nur die Gefässe den Zellen des farblosen Gewebes das Material zur Tropfenbildung liefern, spricht neben den besprochenen anatomischen Verhältnissen und neben der allgemeinen Bedeutung der Gefässe im Pflanzenreiche der eigenthümliche Verlauf der Gefässstränge im ganzen Blatte von *Bryophyllum* und die Art ihrer ersten Anlage, worauf die Besprechung der Ausbildung des Blattes zurückkommen wird. *)

Um indessen die Beziehungen der Gefässe zu der Erscheinung der Tropfenbildung noch klarer hervortreten zu lassen, wurde auf Anregung und unter Leitung von Herrn Professor Dr. C. Cramer im pflanzenphysiologischen Laboratorium folgendes Experiment ausgeführt:

Ein fünf deutliche Internodien messender, etwas über einen Decimeter langer Spross von *Bryophyllum calycinum*, welcher an seinem oberen Ende ein Paar völlig entwickelter, ein Paar kaum zur Hälfte ausgebildeter und ein Paar ganz junger Blätter trug, wurde in einen durchbohrten Kautschukzapfen eingepasst und mittelst erweichten Wachses völlig in ihm befestigt. Nachdem die Basis des Sprosses mit einer frischen Schnittfläche versehen war, wurde der Kautschukzapfen in den einen Tubus eines

*) Vergleiche Abschnitt 2 dieses Theiles.

doppelt tubulirten Glaskolbens eingestossen. Das Ende dieses Tubus war von einer blechernen, mit Oesen versehenen Hülse umgeben, welche dazu diente, den Kautschukzapfen mittelst Schnüren gegen das Herauspressen zu schützen. Danach wurde der Kolben durch den andern Tubus mit einer sehr verdünnten Lösung eines Eisenoxydsalzes*) bis zum Rande desselben gefüllt und ohne Luftrückstand mit einem durchbohrten Kautschukzapfen verschlossen, in welchen ein Glasrohr von solcher Länge eingefügt war, dass bei senkrechter Lage desselben durch Eingiessen von Quecksilber der auf der Flüssigkeit, resp. auf der Schnittfläche des Sprosses lastende Druck um eine Atmosphäre erhöht werden konnte. Um absolut sicher zu sein, dass die Flüssigkeit nicht auf anderem Wege, als durch den Zweig austrete, wurden die Verschlussstellen noch mit Wachs überstrichen. Der Apparat wurde im Glashause des pflanzenphysiologischen Laboratoriums so aufgestellt, dass der Spross eine annähernd horizontale Lage einnahm.

Es wurde nun langsam Quecksilber in das Glasrohr gefüllt, wodurch zunächst die beim Einstossen des Kautschukzapfens in dasselbe gestiegene Eisensalzlösung zusammengedrückt und in den Kolben gedrängt wurde. Die erste, schnell eintretende Wirkung des wachsenden Druckes war, dass sich fast momentan an sämtlichen Kerbzähnen aller Blätter Tropfen bildeten, welche in sehr kurzer Zeit eine bedeutende Grösse erlangten. Diese Erscheinung trat ein, als die Quecksilbersäule im Glasrohre noch lange nicht dem Drucke einer Atmosphäre entsprach. Die Tropfen wurden mit einer Pipette abgehoben, zeigten jedoch, wie nicht anders zu erwarten war, auf Zusatz von Blutlaugensalz keine Reaction. An allen Stellen, wo die Tropfen entfernt worden waren, bildeten sich sogleich neue. Das Absaugen der Tropfen ward in der Folge häufig wiederholt, und ihre Neubildung und Vergrösserung fand unausgesetzt und stets sehr schnell statt. Um zehn Uhr Morgens betrug der Druck

*) Durch Erhitzen von Eisenvitriol, Schwefelsäure und Salpetersäure bereitet.

etwa eine Atmosphäre, auf welcher Höhe er bis gegen Ende des Versuches erhalten wurde, trotzdem zeigte nach Verlauf von einer halben Stunde noch kein Tropfen auf Zusatz von Blutlaugensalz eine Spur von Blaufärbung.

Dies durfte natürlich nicht befremden, denn erstens war in den fleischigen Blättern und den parenchymatischen Stengeltheilen bei Beginn des Versuches eine bedeutende Quantität Wasser angehäuft, dieses musste mindestens theilweise aus den Blättern herausgeschafft werden, bevor Eisensalz in sie gelangen und in den sich ausscheidenden Tropfen nachgewiesen werden konnte. Zweitens war es wahrscheinlich, dass ein Theil des in die Gefässe des Sprosses gedruckenen Eisensalzes aus jenen diffundirte und durch die in den Parenchymzellen befindlichen Eiweiss- und Gerbstoffe ausgefällt werde. Beide Umstände mussten natürlich den Austritt von Eisenlösung an den Kerbzähnen verzögern. Eine Indifferenz der sich ausscheidenden Tropfen war aber auch noch dadurch erklärbar, dass eine Reduction des Eisenoxydes in gewissen Zellen stattfinde, was zur Folge haben musste, dass die Tropfen sich mindestens nicht momentan, sondern erst nach längerer Berührung mit der Luft auf Zusatz von Blutlaugensalz bläuten.

Während die Tropfenausscheidung an den Blättern des Sprosses sehr lebhaft fort dauerte, hatten sich Tropfen auch am Stengel an drei Stellen gebildet. Von diesen Tropfen trat der eine in der Nähe der Tubusöffnung aus der verletzten Rinde des Sprosses aus, während sich die beiden andern an Ansatzstellen von abgefallenen Blättern bildeten, wo ihnen ohne Zweifel die Gefässe einen leichten Austritt ermöglichten. Auch diese Tropfen wurden wiederholt abpipettirt, zeigten aber anfangs ebenfalls keine Reaction, welche erst gegen Mittag wahrzunehmen war, zu welcher Zeit der der Sprossbasis nächst gelegene Tropfen eine schwache Bläuung anzeigte, während solche gleichzeitig an den andern Tropfen am Stengel und an allen der Blätter auch nach längerer und innigerer Berührung mit Luft noch nicht zu erkennen war. Die Annahme lag nah, es sei durch irgend eine Spalte im Verschluss des Apparates Eisenlösung ausgetreten, sorgfältige

Untersuchungen sprachen jedoch gegen diese Annahme und machten es zweifellos, dass zu dieser Zeit der ersten Bläuung des untersten Tropfens die Eisenlösung nicht fern, circa vier Centimeter, von der Sprossbasis wenigstens zum Theil unverändert hindurch gehe. Die an derselben Stelle sich von neuem bildenden Tropfen behielten ihre anfängliche Wirkung nicht nur bei, sondern zeigten dieselbe bis zu einem gewissen Zeitpunkte mit wachsender Stärke an.

Eine Stunde später, oder drei Stunden seit Beginn des Versuches, zeigte auch der zweite Tropfen auf Zusatz von Blutlaugensalz die erste Reaction. Dieser Tropfen war von dem untersten etwa um anderthalb Centimeter entfernt und von ihm durch völlig trockene Stengelpartien getrennt. Erst um fünf Uhr Abends war auch am dritten Tropfen, welcher an dem Knoten unmittelbar unter der Ansatzstelle der Blätter des ältesten Paares ausgeschieden wurde, eine Reaction wahrzunehmen.

Inzwischen hatten alle Blätter aufgehört Tropfen auszuscheiden. Die Ursache hiervon war ohne Zweifel eine schwache, wohl durch das häufige Berühren erzeugte Verletzung an den zwei ältesten Blättern, in Folge dessen ward jetzt nur noch Flüssigkeit an der Stelle des geringsten Widerstandes, also an diesen Wunden ausgeschieden. Diese zwei Blatztropfen zeigten zu der Zeit, als man am Tage der Einleitung des Versuches die letzten Beobachtungen machte, um sechs Uhr Abends noch keine Reaction, wohl aber zeigte sich eine solche am folgenden Morgen an allen fünf am Sprosse hängenden Tropfen in gleicher Stärke. Damit war constatirt, dass die Eisensalzlösung wenigstens bis zur Wundstelle der zwei ältesten Blätter vorgedrungen sei. Jene befand sich in einiger Entfernung vom Blattstiel, jedoch sprach die schwärzliche Färbung der Adern und mancher tropfenausscheidenden Stellen der Kerbzähne dafür, dass die Eisenlösung auch über die Wundstelle hinaus bis zu jenen vorgedrungen sei. Zweifelsohne war hier der Gerbstoff mit dem Eisensalz in den Gefässssträngen des Blattes oder in deren nächster Umgebung zusammengetreten, gerbsaures Eisen bildend, welches natürlich die Adern tintefarbig erscheinen lassen musste.

Aus dieser Erscheinung an den Blättern war zu schliessen, dass auch im Stengel in entsprechender Weise eine Ausscheidung von gerbsaurem Eisen stattgefunden habe, so dass nun nicht erst durch eine nachträgliche Behandlung mit Blutlaugensalz die Bahnen, welche die Flüssigkeit zu den tropfenbildenden Geweben einschlug, sichtbar gemacht werden brauchten.

Am Abend des zweiten Tages dauerte die Tropfenbildung am Stengel und den zwei Blättern noch unverändert fort, und die Bläuung der ausgeschiedenen Flüssigkeit war eine gleich starke. Es wurde jetzt das eine der zwei Blätter entfernt, an der Abschnittsstelle erzeugte sich hinfort ein Tropfen, welcher die gleiche Reaction wie alle anderen zeigte. Nach Ablauf von drei mal vierundzwanzig Stunden bewahrte der Spross noch ein leidlich frisches Aussehen, es wurde nun der Apparat auseinander genommen und die einzelnen Theile für die Untersuchung aufbewahrt. Bevor wir deren Ergebnisse besprechen, sollen noch einige einfachere, ähnliche Versuche kurz Erwähnung finden.

Es wurde zunächst eine Anzahl Blätter verschiedenen Alters mit ihren Stielen in einzelne Gefässe mit Wasser gestellt jene unter Wasser mit einer neuen Schnittfläche versehen, das Wasser sodann so weit abpipettirt, dass die Schnittfläche sich noch unter seinem Niveau befand, und schliesslich zu dem Rest Wasser Eisensalz geträpfelt. Nach acht Stunden begannen in allen Blättern die Adern schwärzlich zu werden, zuerst trat der Hauptnerv deutlicher hervor, die Schwärzung verbreitete sich in ihm ziemlich schnell, noch bevor sie an den secundären Nerven merklich wurde, war der primäre Nerv meist seiner ganzen Länge nach schwärzlich. Daher erklärt es sich wohl, warum sämtliche secundäre Nerven sich fast gleichzeitig zu schwärzen anfangen, und die Schwärzung an allen Partien des Blattes annähernd gleich nahe dem Blattrande war. Nach vierundzwanzig Stunden trat an den meisten Blättern das ganze Adernetz deutlich schwärzlich hervor, die Adern waren oft bis zu den tropfenbildenden Stellen zu verfolgen, und auch letztere erschienen häufig dunkel. Ausser den Adern und manchen tropfenausscheidenden Geweben waren zu dieser Zeit keine Partien

der Blätter geschwärzt. Bei diesen Versuchen mit einzelnen Blättern wurde theils Eisenoxyd-, theils Eisenoxydulsalz angewendet, die Wirkung war in beiden Fällen die gleiche.

Die Resultate an blossen Blättern liessen hoffen, dass auch mit Sprossen sich in ähnlicher Weise mit Erfolg experimentiren lasse: Ein Spross mit acht deutlich entwickelten Internodien, fünf Blattpaaren, von denen die zwei unteren am vierten und fünften der sichtbaren Internodien befindlichen völlig ausgebildet, das oberste noch sehr klein war, wurde früher besprochenen Manipulationen*) gleich in mässig concentrirte Eisensalzlösung gestellt. In dieser blieb der Spross bis zu Ende des Versuches, ohne dass seine Schnittfläche erneuert wurde. Nach Verlauf von etwa sechsunddreissig Stunden waren an den Blättern der zwei untersten Paare die stärkeren Adern deutlich geschwärzt, die Intensität der Färbung nahm in der Folge zu, und es schwärzten sich auch die zarteren Adern; nach achtundvierzig Stunden war das ganze Aderwerk der vier Blätter gefärbt. Auch hier waren ausser den Gefässsträngen und etwa tropfenausscheidenden Geweben keine Blattpartien geschwärzt, vielmehr bewahrte das ganze Blattparenchym eine grüne Farbe. An den jüngeren Blättern des Sprosses waren die Adern nun auch zum Theil gefärbt, nur an Blättern des obersten Paares war keine Schwärzung zu erkennen. Bald begannen die Blätter schlaff zu werden, der Versuch wurde unterbrochen, und der Spross für die mikroskopische Untersuchung in einem feuchten Raume aufbewahrt.

Der Umstand, dass bei nicht zu langer Dauer des Versuches eine Schwärzung an den Blättern nur an deren Gefässsträngen wahrzunehmen ist, und letztere bis zu den Spitzen der Kerbzähne schwärzlich erscheinen, spricht entschieden für die Richtigkeit des aus den anatomischen Untersuchungen gezogenen Schlusses: In jedem Kerbzahne fungirt ein besonderes Gewebe als Wasserreservoir, die Gefässe stehen in einer sehr wichtigen Beziehung zu

*) Vergleiche das Capitel über den Gefässbündelverlauf des Stengels pag. 53 und 54.

diesen tropfenausscheidenden Stellen, sie sind die Bahnen, auf welchen das auszuschcheidende Medium zu jenen gelangt.

Die mikroskopische Untersuchung von Stengeln und Blättern, welche bei den Versuchen verwendet wurden, liess als Ursache der Schwärzung der Gefässstränge in der That die Bildung von gerbsaurem Eisen erkennen und hat sodann noch weitere in folgendem zu besprechende Resultate ergeben.

Auf Querschnitten durch Internodien verschiedenen Alters waren vorzugsweise den Gefässen nächst liegende Zellen mit schwärzlich violettem Inhalt erfüllt. Es waren dies Zellen des interfascicularen Cambiums, des inneren und äussern Phloëms, des äusseren Markes und der inneren Rinde, weder die Gefässe selbst, noch Zellen des Cambiumringes oder Holzzellen enthielten gerbsaures Eisen. Die grosse Zahl der schwärzlich violett gefärbten Zellen eines jeden Querschnittes sprach zunächst für eine allgemeine Verbreitung der Gerbstoffe in der Pflanze; die Art der Anordnung jener Zellen, resp. die Anhäufung des Farbstoffes in der Umgebung der Gefässe war Beweis dafür, dass die Lösung im Stengel in erster Linie in den Gefässen empor gedrungen sei, dann aus diesen sich später seitlich verbreitend musste sie beim Vorhandensein von Gerbstoff in den genannten Geweben in deren Zellen Tinte-ausscheidung veranlassen.

Von der bedeutenden Anhäufung von Gerbstoff im Stengel überzeugt man sich am besten auf Schnitten frischer Stengeltheile. Setzt man zu nicht sehr dünnen Schnitten, nachdem durch Auswaschen derselben der aus den verletzten Zellen ausgetretene Saft entfernt worden ist, Eisensalzlösung, so färben sich viele Zellen tintefarbig. Die Färbung ist in diesem Falle weniger intensiv, als auf Schnitten von Stengeltheilen, welche längere Zeit in Eisensalzlösung standen, und die sich färbenden Zellen sind gleichförmig über den ganzen Schnitt vertheilt. Auch an Schnitten frischer Stengeltheile färbten sich auf Zusatz von Eisensalz die Lumina der Gefässe, der Zellen des Cambiumringes und der Holzzellen nicht. An solchen mit Eisensalz behan-

delten Schnitten lässt sich deutlicher, als an Schnitten durch Theile von Stengeln, welche in Eisensalzlösung gestanden hatten, an vielen Membranen eine schwach violette Färbung wahrnehmen, stets bleiben nur die Membranen aller Holzellen ungefärbt. Diese Erscheinung zeigt natürlich ebenfalls eine sehr allgemeine Verbreitung der Gerbstoffe im Stengel von *Bryophyllum calycinum* an und beweist im Verein mit dem Auftreten des Farbstoffes in den Zellräumen, dass die Gerbstoffe bei dieser Pflanze wie im Zellsaft, so auch in der Zellmembran vorkommen. Am besten nimmt man die violette Farbe an den Membranen wahr, wenn die Schnitte, bevor Eisensalz zugesetzt wurde, in Glycerin oder absoluten Alkohol gelegen hatten, wodurch eine Contraction des Inhalts bewirkt war.

An Schnitten durch Theile von Stengeln, welche vorher in Eisensalzlösung gestanden hatten, vermehrt sich auf Zusatz von Eisensalz die Anzahl der gefärbten Zellen. Die sich neu färbenden Zellen, namentlich Parenchymzellen der Rinde und des Markes, welche zerstreut durch die ganze Gewebepartie liegen, sind durch den schwächeren Grad der Färbung leicht unter den ursprünglich gefärbten zu erkennen. Auch an solchen Schnitten nimmt man an vielen Zellmembranen deutlicher eine violette Färbung wahr, wenn die Schnitte in Glycerin oder absolutem Alkohol lagen.

An Längsschnitten von Stengeltheilen, welche längere Zeit in Eisensalzlösung gestanden haben, bestätigten sich die an Querschnitten gemachten Beobachtungen, ausserdem war deutlich zu sehen, dass die gerbsaures Eisen führenden Zellen häufig gestreckt und in Längsreihen angeordnet waren. Noch sicherer als auf Querschnitten überzeugt man sich auf den Längsschnitten, dass sich in Gefässen und Zellen vom Cambiumring kein gerbsaures Eisen bildet.

An den Blättern, in welche die Eisenlösung getreten war, liessen sich ganz ähnliche Beobachtungen machen, wie an den betreffenden Stengeltheilen. Auf Querschnitten durch den Blattstiel oder durch den Mittelnerv der Blattfläche waren ebenfalls Zellen besonders in der Nähe der Gefässe, und zwar die gleich-

namigen wie im Stengel, mit schwärzlich violettem Farbstoff erfüllt, auf Längsschnitten durch die genannten Blatttheile lagen die gefärbten Zellen ebenfalls oft in Längsreihen. Auf Blattflächenschnitten solcher Blätter bildeten häufig gestreckte vom Farbstoff erfüllte Parenchymzellen eine deutliche Scheide um die Gefässstränge, während in dem andern parenchymatischen Gewebe keine oder nur vereinzelte schwärzlich violette Zellen vorkamen. Da in den Blättern die Eisensalzlösung kürzere Zeit circulirt hatte, als in den meisten Stengelpartien, so erschienen auf Schnitten durch Blätter die schwärzlich violetten Zellen noch deutlicher und schärfer, als im Stengel, auf die Umgebung der Gefässe beschränkt.

An Flächenschnitten durch frische Blätter hingegen färbt sich nach dem Auswaschen derselben auf Zusatz von Eisensalz meist eine grössere Anzahl unregelmässig über den ganzen Schnitt angeordneter Zellen violett. Die Färbung der Membranen tritt am Blatte wegen der grösseren Menge von Chlorophyll und Luft in und zwischen den Zellen meist weniger deutlich hervor, als an Stengelschnitten. Auch auf Schnitten von Blättern, welche in Eisensalzlösung gestanden hatten, färbte sich stets auf Zusatz von Eisensalz noch eine Anzahl zerstreut angeordneter Zellen tintefarbig.

An den zarteren Adern war auf Blattflächenschnitten nicht selten keine einzige Stelle gefärbt, und es fehlte deshalb auf Flächenschnitten durch die Randpartie eines Blattes oft überhaupt jede Spur von einer Ausscheidung von gerbsaurem Eisen. Diese fehlte auch häufig in den Geweben, welche die Tropfen bilden, jene, sowie die zarteren Gefässstränge erschienen in diesem Falle wie von geronnenem Inhalt erfüllt. Diese Trübung sprach wohl dafür, dass auch in die genannten Gewebe die Lösung getreten sei, ganz klar liess sich dies leicht auf folgende Art nachweisen:

Die betreffenden Schnitte wurden mit Blutlaugensalz durchtränkt und dann ausgewaschen, auf Zusatz von concentrirter Salpetersäure färbten sich dann die Adern intensiv berlinerblau und oft traten die tropfenausscheidenden Gewebe

mit gleicher Farbe hervor. Diese Bläuung lässt die Annahme zu, dass in die genannten Gewebe mit der Lösung Eisen in reducirter Form gedrungen sei, welches, in keine Berührung mit Gerbstoff getreten, keinen Niederschlag von gerbsaurem Eisen erzeugt hatte, jetzt durch die Salpetersäure von neuem oxydirt wurde und mit dem vorhandenen Blutlaugensalz Berlinerblau geben musste. Diese Bläuung war theils an den Gefäßen selbst theils und vorzugsweise an den die Stränge umgebenden gestreckten Parenchymzellen wahrzunehmen. Bei vorsichtigem Auswaschen von Schnitten der Randpartien des Blattes nahmen nicht selten bei Behandlung mit Blutlaugensalz und Salpetersäure nur die Gefäße der vorher farblosen Adern eine blaue Farbe an. Diese Erscheinung war nur gut wahrzunehmen, wenn die Salpetersäure durch Auswaschen entfernt wurde, sobald sich die erste Bläuung zeigte. Diese Reactionen an Flächenschnitten durch Blattrandpartien machten es sichtbar, dass dem tropfenbildenden Gewebe die Lösung allein durch die Gefäße zugeführt wird.

Allerdings bläuten sich auch namentlich die Membranen vieler anderer Zellen auf Zusatz von Blutlaugensalz und Salpetersäure, wenn jedoch der Schnitt nach dem Durchtränken mit Blutlaugensalz sorgfältig ausgewaschen wurde, so trat diese allgemeine Bläuung sehr hinter der intensiven Farbe der Adern zurück. Es dürfte dieselbe einfach durch den Uebertritt von Spuren des Eisensalzes aus den Gefäßesträngen veranlasst sein*).

Mit Erfolg lässt sich natürlich das mitgetheilte Verfahren auch für Blattflächenschnitte anwenden, auf welchen die Adern bereits mehr oder weniger deutlich tintefarbig erscheinen, letztere treten nach Behandlung mit Blutlaugensalz und Salpetersäure in der intensiveren blauen Farbe noch deutlicher als vorher hervor. In ganz

*) Bei diesen und den folgenden Versuchen ist die Salpetersäure nur allmählig und in geringen Mengen dem Objecte zuzufügen, wendet man zu viel Salpetersäure an, so tritt entweder die blaue Färbung nicht rein hervor, sondern zeigt verschiedene Nuancen in's Grün, oder sie schwindet schnell ganz, und es färben sich alle vorher schwärzlich violetten Zellen und meist auch noch eine Anzahl zerstreut angeordneter vorher chlorophyllgrüner Parenchymzellen rostgelb bis rostbraun. Gleichzeitig findet unter Verschwinden der Stärke Gasentwicklung statt, was das Bild unklar macht.

gleicher Weise kann man mit ganzen Blättern, welche vorher in Eisensalzlösung standen, experimentiren: Nachdem das Adernetz deutlich geschwärzt erschien, wurden die Blätter wiederholt mit heissem Blutlaugensalz übergossen, nach längerem Liegen in demselben ausgewaschen und danach vorsichtig mit Salpetersäure betröpfelt; es färbten sich dann alle Adern deutlich berlinerblau; auch vorher nicht oder kaum erkennbare zartere Adern traten jetzt mit dieser Farbe aus der anderen Blattmasse hervor. Ein besonders schönes Bild des Adernetzes entsteht, wenn man das so behandelte Blatt nachher in Glycerin legt.

Dieselben Reactionen lassen sich auch an Schnitten von Stengeln, welche vorher in Eisensalzlösung standen, ausführen, bei Behandlung mit Blutlaugensalz und Salpetersäure werden alle vorher schwarz violetten Zellen tief berlinerblau, ausserdem bläuen sich die Membranen vieler Zellen, am schönsten die des Phloëms; nie diejenigen der Holzzellen, letztere werden bräunlich gelb. Mit Nutzen lassen sich die beiden Reagentien für Querschnitte jüngster Stengeltheile anwenden, auf denen keine oder nur vereinzelte tintefarbige Zellen in der Umgebung der Gefässe zu erkennen sind; nach Zusatz von Blutlaugensalz und Salpetersäure treten in der Umgebung der einzelnen Gefässbündel eine Anzahl deutlich blauer Zellen auf.

In vorstehendem ist nur ein kurzes Resumé der häufigsten und wichtigeren meiner Beobachtungen verzeichnet. Es mag schliesslich noch darauf hingewiesen sein, dass es natürlich von dem Zeitpunkt der Beendigung des jedesmaligen Versuches abhängt, ob man bei Wiederholung der Untersuchungen die mitgetheilten Thatsachen genau bestätigt findet. Nach zu langer Dauer des Versuches sieht man die schwärzlich violetten Zellen weniger deutlich auf einer zu den Gefässen eine Beziehung verrathende Zone beschränkt. Als besonders eigenthümlich verdient noch hervorgehoben zu werden, dass auch in Fällen, wo Sprosse nicht zu lange in der Eisensalzlösung gestanden hatten, auf Querschnitten durch verschieden alte Internodien meist in der äussersten Zelllage des Hypoderma eine grössere Anzahl Zellen mit gerbsaurem Eisen erfüllt waren.

Es wurde schon früher erwähnt, dass sich bei Anwendung von Kalilösung auf Schnitten vom Stengel und Blatte von *Bryophyllum* eine Anzahl Zellen anfangs violett oder bräunlich färben und später ausschliesslich letztere Farbe annehmen*). Bei Vergleichung der mit Kali behandelten Schnitte mit solchen, zu welchen Eisensalzlösung gesetzt wurde, überzeugt man sich, dass die sich färbenden Zellen nach Lage und Anordnung in beiden Fällen die gleichen sind. Durch längeres, oft erst tagelanges Liegen in Kali entfärben sich, wie schon bemerkt, allmählig sämtliche Zellen wieder.

Eine andere Reihe ganz ähnlicher Versuche wurde mit einer wässerigen concentrirten Abkochung von Roth- und Blauholz ausgeführt. Es wurde eine Anzahl Blätter in die Farbholzlösung gestellt, schon nach kaum zwei Stunden schimmerten der Mittelnerv und die ihm benachbartesten Theile der secundären Nerven mit rothbrauner Farbe durch das Grün des Blattes hindurch. An gleichzeitig mit diesen Blättern in Eisensalzlösung gestellten Blättern war zur angegebenen Zeit noch keine Spur von Schwärzung der Adern wahrzunehmen, eine solche begann hier, wie in den früher besprochenen Fällen erst nach etwa acht Stunden bemerkbar zu werden**). Nach etwa acht Stunden hatten alle stärkeren Adern der in der Farbholzlösung stehenden Blätter eine rothbraune Farbe angenommen, und nach etwa vierundzwanzig Stunden trat ihr ganzes Adernetz und oft auch tropfenausscheidende Gewebe auf diese Weise deutlich hervor, während an keiner anderen Blattpartie eine Spur von Farbenänderung wahrgenommen werden konnte. Die Farblösung verbreitete sich in diesem Falle in ähnlicher Weise allmählig durch die verschiedenen Theile des Adernetzes, wie dies bei Anwendung von Eisensalzlösung wahrgenommen wurde.

Die mikroskopische Untersuchung von Flächen- und Querschnitten der in Farbholzlösung gestandenen Blätter bestätigte, was schon bei Untersuchung der in Eisenlösung gestandenen

*) Vergleiche pag. 8 und 9.

**) Vergleiche pag. 71.

Blätter erkannt worden war, ja sie liess es fast noch sichtbarer hervortreten, welche Rolle die Gefässe bezüglich der Saftleitung übernehmen. Auf Schnitten von Blattstielen und der verschiedensten Blattflächentheile waren stets nur die Gefässe rothbraun gefärbt, weder an den Cambium- oder Phloënzellen, noch an den Gefässsträngen benachbarten oder entfernteren Parenchymzellen war eine Spur der Farblösung zu erkennen. Die Blätter, welche ich untersuchte, hatten nie länger als vierundzwanzig Stunden in der Farblösung gestanden, auf Flächenschnitten durch ihre Randpartien waren die Gefässe deutlich rothbraun, und in den tropfenbildenden Geweben konnte man namentlich in deren mittleren Zellen und dem Hohlraume ebenfalls eine rothbraune Färbung wahrnehmen. Auf Schnitten durch den Blattstiel waren alle Gefässe intensiv, die Zellen des intervasalen Cambiums schwach rothbraun gefärbt, alle anderen Zellen unverändert.

Entsprechende Versuche wie mit Blättern wurden mit Sprossen gemacht, wie schon bei Besprechung des Gefässbündelverlaufes mitgetheilt wurde*). Der später für dessen Untersuchung verwendete Spross war etwa dreizehn Centimeter lang, bestand aus acht deutlichen Internodien und trug sechs Blattpaare, deren oberstes aus noch ganz kleinen, deren drei unterste aus vollkommen ausgewachsenen Blättern gebildet waren. Nachdem der Spross vierundzwanzig Stunden in Farbholzlösung gestanden hatte, trat auf seinen sechs untersten Blättern das Adernetz deutlich mit rothbrauner Farbe hervor, auch in den Blättern des auf die drei ältesten Paare unmittelbar folgenden jüngeren Paares konnte man zu derselben Zeit an einer Anzahl Adern eine rothbraune Farbe wahrnehmen, wenig später war auch in diesen zwei Blättern das ganze Adernetz gefärbt. Nachdem der Spross etwa vier Tage in der Farbholzlösung gestanden hatte, war diese auch in den Adern der jüngsten Blättchen mit dem Mikroskop deutlich erkennbar. An den andern Blattpartien liess sich zu dieser Zeit äusserlich keine Veränderung wahrnehmen, die rothbraune Farbe war ausschliesslich auf die Adern und

*) Vergleiche pag. 53 und 54.

tropfenbildenden Stellen beschränkt geblieben, und die mikroskopische Untersuchung ergab hier dasselbe Resultat, wie diejenige der einzelnen in Farblösung gestellten Blätter. Auf Schnitten von Stengeltheilen der in Farbholzlösung gestellten Sprosse waren stets die Innenräume und Wendungen aller innerhalb und ausserhalb des Cambium- oder Holzringes liegenden Gefässe intensiv, viele Zellen des intervassalen Cambiums schwächer rothbraun, die Membranen aller Holzzellen waren gelb, sie hatten etwa dieselbe Farbe angenommen wie bei Behandlung mit Salpetersäure, an den Zellen aller anderen Gewebepartien waren nie Spuren von einer Farbenänderung wahrzunehmen. Es wurde früher hervorgehoben, dass durch Anwendung von Farbholzlösung die Anordnung der primären Xylemgruppen, sowie die Vertheilung der Gefässe jeder einzelnen derselben besonders deutlich wird, wegen der Farbenänderung der Gefässe und Holzzellen treten denn auch die anderen Gewebe in der Gesamtmasse des Stengels für sich noch schärfer hervor.

Bei einer dritten und letzten Reihe von Versuchen wurde Blutlaugensalz angewendet. Es wurde eine Anzahl einzelner Blätter in eine mässig concentrirte Lösung von Blutlaugensalz gestellt, nach vierundzwanzig Stunden hatten dieselben ein noch vollkommen frisches Aussehen und zeigten auch sonst keinerlei Veränderungen. Einige dieser Blätter wurden nun mit heisser Eisenoxydsalzlösung übergossen und blieben dann noch eine Zeit lang in der erkalteten Lösung liegen. Es färbten sich dadurch die Adern tintefarbig und am Blattparenchym traten zahlreiche, unregelmässig angeordnete, tintefarbige Punkte auf, nie liess sich an Adern blaue Farbe wahrnehmen. Hieraus war zu schliessen, dass das Eisensalz nur mit dem im Blatte ursprünglich vorhandenen Gerbstoff, aber nicht mit dem infiltrirten Blutlaugensalz eine Verbindung einging. Bei der mikroskopischen Untersuchung von Schnitten der so behandelten Blätter waren ähnliche Verhältnisse, wie an den in Eisensalz gelegten Schnitten frischer Blätter wahrzunehmen, und die Veränderungen, welche Salpetersäure an ihnen hervorbrachte, waren in gewissem Sinne denjenigen ähnlich, welche Salpetersäure bewirkt,

wenn man sie zu mit Blutlaugensalz getränkten Schnitten von Blättern setzt, welche vorher in Eisensalz standen, es färbten sich nämlich die Gefässe, aber nur sie, blau, ein erster Beweis, dass während der Dauer des Versuches Blutlaugensalz nur in den Gefässen circulirte*).

Von anderen derjenigen Blätter, welche in Blutlaugensalz gestanden hatten, wurden durch die verschiedenen Partien Flächenschnitte gemacht, zu diesen nach vorsichtigem Auswaschen Eisenoxydsalz gesetzt, worauf sofort die Gefässe die Farbe des Berlinerblau annahmen. Auch auf Schnitten von Randpartien der Blätter konnte man diese Bläuung an den Gefässen, sowie an den tropfenausscheidenden Geweben deutlich wahrnehmen, an letzteren trat die Färbung am intensivsten in dem Hohlraume und an den diesem nahe liegenden grösseren Zellen auf. Auf den verschiedensten Schnitten waren nur selten noch den Gefässbündeln anliegende gestreckte Parenchymzellen gefärbt, hingegen wurden in Folge längerer Einwirkung des zugesetzten Eisensalzes allmählig gewisse Parenchymzellen tintefarbig. Bisweilen konnte man auch an zu den Gefässbündeln keinerlei Beziehung zeigenden Parenchymzellen Bläuung wahrnehmen, diese Färbung solcher Zellen mochte durch etwa beim Schneiden ausgetretenes Blutlaugensalz veranlasst worden sein. Auch an Blättern, welche länger als vierundzwanzig Stunden in Blutlaugensalz gestanden hatten, war keine weitere Verbreitung des letzteren nachzuweisen, als an denjenigen, welche nur kürzere Zeit darin gestanden hatten.

Aus den experimentellen Mittheilungen erhellt, dass alle drei angewandten Versuchsarten bezüglich der Beziehung der Gefässe zu den tropfenbildenden Geweben das gleiche Resultat ergeben haben, jedoch besteht für je zwei derselben nie vollkommene Uebereinstimmung in der Gesammtheit der Erscheinungen.

*) Die Bläuung der Gefässe tritt wegen des gleichzeitigen Vorkommens von tintefarbigem Zellen nicht immer klar hervor und ist überhaupt nur bei sehr vorsichtiger Anwendung der Salpetersäure deutlich erkennbar, indem auch hier bei einem Ueberschuss von Salpetersäure tiefer greifende Veränderungen statt fanden, in Folge deren auch die Adern rostfarbig erscheinen.

Von den Farbenverschiedenheiten natürlich abgesehen, ist nämlich hervorzuheben:

Erstens, dass sowohl bei Anwendung von Eisensalz-, als auch von Farbholzlösung die Bahnen, auf welchen die Lösung vordringt, schon während des Versuches deutlich sichtbar werden, was bei der Eisensalzlösung durch Vermittlung von Gerbstoffen, bei der Farbholzlösung ohne Zweifel durch die Eiweissstoffe geschieht; dass hingegen bei Blutlaugensalz die Bahnen der Lösung erst nach Beendigung des Versuches und unter Mitwirkung anderer von Aussen zugeführter Stoffe zu Tage treten.

Zweitens, dass, gleichzeitige Dauer der Versuche angenommen und von dem Gelbwerden der Holzzellen bei Anwesenheit von Farbholzlösung abgesehen, sowohl bei Anwendung von letzterer als auch von Blutlaugensalz die betreffende Lösung als solche ausschliesslich in den Gefässen und etwa in Zellen des intervasalen Cambium zu erkennen ist, hingegen bei Anwendung von Eisensalz die Lösung oft auf einen weit weniger kleinen Raum beschränkt bleibt. Die Ursache der letzteren Erscheinung dürfte wohl am einfachsten in dem Vorkommen des Gerbstoffes zu suchen sein.

Drittens, dass bei Anwendung von Eisensalzlösung die Färbung nicht in den Gefässen selbst, sondern nur in Zellen ihrer Umgebung auftritt. Diese vielleicht etwas auffallende Erscheinung findet ihre einfache Erklärung wiederum darin, dass es der dem Pflanzentheile eigene Gerbstoff ist, welcher die Ausscheidung des Eisensalzes bewirkt, im Innern der Gefässe aber kein Gerbstoff nachweisbar ist. Der thatsächliche Beweis, dass auch das Eisensalz durch die Gefässe in erster Linie fortgeleitet werde, wurde schon früher an Schnitten von Randpartien der Blätter geleistet*).

Viertens, dass die Eisensalzlösung eine bestimmte Strecke eines Pflanzentheils in beträchtlich längeren Zeiträumen durchdringt, wie dies bei der Farbholzlösung der Fall ist. Das auf-

*) Vergleiche pag. 76.

fallend langsamere Vordringen der Eisensalzlösung dürfte besonders dadurch bedingt sein, dass, und zwar wohl auf zweifache Weise*), ein Ausfällen des Eisensalzes in den Zellen stattfindet.

II. Abschnitt.

Die Entwicklung des Blattes.

An den aus Mutterblättern erzogenen Pflänzchen nimmt man während ihrer Weiterentwicklung an den Gliedern der successiven Blattpaare ähnliche Erscheinungen wahr, wie an den aus Samen erzogenen Individuen anderer Pflanzenarten. So haben die Primordialblätter nur ein bis zwei Kerbzähne an jeder Seite, ja sie sind bisweilen völlig ganzrandig, schon die Blätter des zweiten Paares entwickeln meist eine grössere Anzahl von Kerbzähnen, bis vier an jeder Seite, und an den Blättern des dritten Paares habe ich an den stets unter den gleichen Verhältnissen kultivirten Pflänzchen jederseits schon bis fünf Kerbzähne gezählt. Dieser Vervollkommnung in der Gliederung der Blätter immer älterer Paare entspricht auch im ausgewachsenen Zustande eine Grössenzunahme der Blattfläche, in Bezug auf welche hervorzuheben ist, dass sich das Wachsthum der Blätter überhaupt ziemlich langsam bei *Bryophyllum* vollendet. Im späteren Lebensalter der Pflanze, und zwar schon an kaum einjährigen Individuen, offenbart sich an den Blättern oft noch eine höhere Form der Ausbildung in der Neigung, die Lamina fiederförmig zu theilen, indem an dem Blattstiele wenig unterhalb eines grösseren Endlappens und völlig von diesem isolirt, ein Paar opponirter kleinerer Seitenlappen entstehen, ohne dass jedoch die Blattbildung ausschliesslich auf dieser vollkommeneren Stufe stehen

*) Vergleiche pag. 69.

bleibt, vielmehr scheint hinfort ein an keine bestimmte Regelmässigkeit gebundener Wechsel von ungetheilten und getheilten Blättern stattzufinden. Eine mehrmalige unmittelbare Wiederholung fiederförmig getheilter Blätter scheint eine schwächere Ausbildung der dann folgenden jüngeren ungetheilten Blätter zur Folge zu haben. Im allgemeinen ist der Endlappen fiederförmig getheilter Blätter kleiner, als die Lamina ungetheilter, und ebenso ist meist die Zahl der Kerbzähne des erstern kleiner, als diejenige der letzteren.

Bryophyllum besitzt also zunächst zweierlei durch die Mannigfaltigkeit ihrer äusseren Gliederung von einander verschiedene Laubblätter, auf welche Thatsache bereits von Hrn. Prof. Dr. **Hofmeister** aufmerksam gemacht worden ist*), welcher sich darüber so äussert:

„Nicht wenige Pflanzen bringen an den nämlichen Zweigen ungetheilte, gezähnte oder gekerbte, und fiederspaltige, selbst gefiederte Blätter hervor, so *Bryophyllum calycinum*.“

Vorstehender Angabe erlaube ich mir noch ein paar eigene Beobachtungen beizufügen. Bei genauerem Studium der äusseren Gestaltung der Blätter von *Bryophyllum* wird man in der That gewahr, dass an ein und demselben Individuum dieser Pflanzenart ein mehrfacher Polymorphismus der Laubblätter vorkommt. Vorherrschend ist die Lamina allerdings gekerbtgezähnt, die Kerbzähne können nun aber einerseits durch mehr oder weniger deutliche Zuspitzung in eigentliche Zähne übergehen, was namentlich an Blättern mittleren Alters, jedoch auch schon an solchen vom jüngsten zu geschehen scheint, andererseits beobachtet man besonders an alten Blättern eine Berandung, welche für jene vom morphologischen Standpunkte die Bezeichnung gekerbt am meisten rechtfertigen dürfte, durch diese gekerbten Blätter entsteht sodann schliesslich dadurch, dass die Kerben sehr wenig tief in die Blattfläche eindringen, der Schein, als könnten bei *Bryophyllum* auch ganzrandige Blätter auftreten. Dass letztere Blattform in Wirklichkeit bei dieser Pflanze zu beobachten ist, wurde schon oben

*) Handbuch der Physiolog. Botanik pag. 527.

angedeutet, als von den Primordialblättern die Rede war. An den einzelnen Kerbzähnen können Nebenkerbzähne entstehen, *Taf. VII Fig. 19 c* und *c'*, da dies selten an allen Blättern eines Individuums der Fall ist, so treten neben einfach kerbzahnigen Blättern an derselben Pflanze doppelt kerbzahnige auf, dabei habe ich nie beobachtet, dass an dem gleichen Blatte alle Kerbzähne Nebenzähne trugen, von einer Regelmässigkeit bezüglich der Bildung der letzteren lässt sich jedoch nur in sofern reden, als Nebenzähne am seltensten an den basalen Kerbzähnen entstehen.

In Bezug auf den möglichen Wechsel der äusseren Blattgliederung bei *Bryophyllum* mag noch hervorgehoben werden, dass doch in sofern eine Regelmässigkeit in diesen Verhältnissen stattfindet, als die Glieder ein und desselben Wirtels in der Hauptsache von gleicher morphologischer Ausbildung sind, dass also einem getheilten oder einem ungetheilten Blatte stets ein ihm gestaltlich gleichartiges gegenüber steht. Zwar habe ich ein Mal beobachtet, dass einem in normaler Weise fiederförmig getheilten Blatte ein anderes opponirt war, an welchem erstens der Endlappen nicht symmetrisch ausgebildet war, und zweitens auf der Seite seiner kleineren lateralen Hälfte an der mittleren Partie des freien basalen Theiles der grösseren ein vollkommen ausgebildeter Seitenlappen sich befand, während jede Andeutung eines solchen auf der anderen Seite fehlte. Dies Vorkommen eines halbfiederförmig getheilten Blattes berechtigt allerdings zu der Vermuthung, dass ausnahmsweise auch ungleichartige Blätter ein und denselben Wirtel zusammensetzen können.

Nachdem das Blatt als einfache Erhebung hervorgetreten ist, findet zunächst in allen seinen Theilen gleichmässig Zellvermehrung statt, wesshalb das Gewebe anfangs ziemlich kleinzellig bleibt, eine besondere Scheitelzellgruppe tritt an der Spitze des jungen Blattes nicht hervor. Die später beginnende Vergrösserung

der einzelnen Zellen ist meist eine allseitige, und deshalb bleibt die Mehrzahl der Zellen isodiametrisch. Nur in der Umgebung der Fibrovasalstränge findet man später deutlich gestreckte Zellen. Auf einer bedeutenden Vergrößerung der gebildeten Zellen beruht in der Folge vorzugsweise die Grössenzunahme, d. h. das Flächen- oder Breitenwachsthum der Blättchen. Anfangs bleiben die zwei Blättchen eines Paares einander genähert und die beiden Hälften jedes derselben so zusammengelegt, dass beide Blättchen einander halbreitend umfassen. *Taf. I Fig. 3.* Oft erst nachdem ihr Flächenwachsthum bereits eine ziemliche Zeit angedauert hat, legen sich die einzelnen Blättchen jedes Paares auseinander und entfernen sich beide von einander. Dies ist ein Grund, warum man die Glieder des neuen nächst oberen Blattpaares nicht leicht in ihrem sehr frühen Entwicklungsstadium wahrnimmt, obgleich die Anlage successiver Blattpaare durch relativ grössere Zeiträume getrennt ist.

Eine längere Zeit stellt das Blatt nur einen zusammenhängenden ungegliederten Gewebekörper dar, welcher an keiner Stelle ein merklich überwiegendes Wachsthum besitzt, und deshalb eine deutlich abgerundete Gestalt hat. Früh treten an diesem jungen Blatte an dem der Achse abgekehrten Ende die Epidermiszellen der Randpartie papillenförmig hervor, und damit ist die Spitze des Blattes deutlicher gekennzeichnet. *Taf. I Fig. 1* bei *F*. *Taf. I Fig. 2* und *Taf. II Fig. 4* bei *F* und *F'*. Diese papillenartige Ausbildung der Epidermiszellen ist zwar an allen vegetativen oberirdischen Pflanzentheilen von *Bryophyllum calycinum* für die Epidermis charakteristisch, sei es, dass letztere vergänglich, wie an jungen Stengeltheilen, oder bleibend, wie am Blatte ist; am stärksten aber tritt diese Papillenbildung stets am Blattrande und zwar am vorderen Ende der einzelnen Kerbzähne auf, und ganz besonders deutlich, sowie in der grössten Ausdehnung und am frühesten am ganzen Blatte nimmt man sie an dessen oberem Ende wahr. *Taf. V Fig. 17.* Dieses schon zeitig dadurch auffallende Ende hat bei *Bryophyllum* nicht die Bedeutung, wie bei den Blättern vieler anderer Pflanzenarten, bei welchen das Längenwachsthum und die Gliederung in erster

Linie von ihrer Spitze, als dem Vegetationspunkte des ganzen Gliedes, ausgeht, weil bei *Bryophyllum* die Entwicklung des Blattes ausnahmslos eine basipetale ist und daher zu den seltener im Pflanzenreiche vorkommenden Fällen der Blattentwicklung gehört.

Der zu allererst vom Blatte sichtbare Theil ist bereits der vollkommen angelegte Endkerbzahn des späteren herangewachsenen Blattes. Meist erst nachdem der Endkerbzahn des jungen Blattes einen ziemlichen Umfang erlangt hat, treten am unteren Theile des Blattes neue Vegetationspunkte in streng basipetaler Folge auf, welche den Seitenkerbzähnen Entstehung geben, und die wir als primäre bezeichnen wollen. Diese basipetale Anlage neuer Kerbzähne findet, wie die acropetale Ausbildung der Blätter anderer Pflanzenarten, in ziemlich früher Entwicklungsperiode des Blattes statt, noch bevor sich die zwei Blättchen merklich von einander legen und ihre zwei Hälften ausbreiten, sind in der Regel alle Kerbzähne, welche ein Blatt überhaupt erzeugen soll, angelegt. Desshalb findet man an den Blättern auf einer frühern Altersstufe am nächsten dem Endzahne gelegen die grössten Kerbzähne, während gleichzeitig die an der Blattbasis befindlichen nur erst als ganz schwache, breit rundliche seitliche Hervorragungen des Blattrandes bemerkbar sind. *Taf. I Fig. 3* und *Taf. V Fig. 17*. Auch an den Seitenkerbzähnen wölben sich sehr frühzeitig die Randepidermiszellen papillenartig hervor, anfangs ist die Papillenbildung nur auf die Spitze eines Kerbzahnes beschränkt, während der weiteren Ausbildung des letzteren wachsen auch die mehr nach seiner Basis gelegenen Randepidermiszellen stärker papillenartig aus. *Taf. V Fig. 17*.

An den einzelnen primären oder Hauptkerbzähnen eines Blattes können nach früherem neue secundäre oder Nebengerbzähne entstehen. *Taf. VII Fig. 19 c* und *c'*. Die Anlage der neuen secundären Vegetationspunkte findet ebenfalls ziemlich früh statt, so dass bisweilen an den oberen Hauptkerbzähnen schon Nebenzähne zu erkennen sind, bevor noch die Bildung von Hauptkerbzähnen an der Blattbasis beendet ist. Die Anlage der

Nebenkerbzähne ist ebenfalls eine basipetale bezüglich jedes einzelnen Kerbzahnes. Auch die beiden Seitenlappen eines fiederförmig getheilten Blattes entstehen basipetal, d. h. sie bilden sich erst, nachdem der unterste Kerbzahn des späteren ausgewachseneren Endlappens des ganzen Blattes angelegt worden ist; man könnte die Seitenlappen gewissermassen als kräftigere Entwicklungen von zuletzt angelegten Seitenkerbzähnen betrachten, für welche Auffassung auch der früher beschriebene abnormale Fall eines halbfiederförmig getheilten Blattes spricht*). Wie alle Seitenkerbzähne, so entstehen auch die Seitenlappen eines fiederförmig getheilten Blattes ziemlich früh, und dem entsprechend sind beide auch in all' ihren Theilen zu einer noch ziemlich frühen Entwicklungsperiode des Blattes angelegt. Wenn die Endlappen der zwei getheilten Blättchen eines Paares sich auseinander zu legen beginnen, so sind auch an ihren Seitenlappen meist schon alle Kerbzähne angelegt, deren Anzahl stets eine geringere ist, als diejenige des Endlappens.

Bezüglich des weitem Wachstums des Blattes von *Bryophyllum* verdienen noch folgende Momente hier Erwähnung: Obgleich zwar auch in allen späteren Entwicklungsstadien des Blattes die Grösse der Kerbzähne im allgemeinen von seiner Spitze zur Basis abnimmt, *Taf. VII Fig. 19*, so dass auch dann noch die basalsten Kerbzähne die kleinsten sind, so ist dennoch am ausgewachseneren Blatte der oberste Seitenzahn nicht immer der grösste. Auch nachdem alle Seitenkerbzähne angelegt worden sind, überwiegt am jugendlichen Blatte der Endzahn noch auffallend an Grösse, später gleicht sich diese Grössendifferenz zwischen ihm und den ihm benachbarten grössten Seitenkerbzähnen mehr aus, und beim erwachsenen Blatte ist der Endkerbzahn mindestens nicht grösser, als die ihm benachbarten grössten Seitenkerbzähne. Dass diese grössten Seitenkerbzähne nicht immer die aller obersten zwei sind, kann ebenso wenig befremden, wie die Erscheinung, dass überhaupt die Seitenkerbzähne von der Spitze nach der Basis des Blattes selten in ganz regelmässiger

*) Vergl. pag. 85.

Folge an Grösse abnehmen. Es kann sehr wohl ein oberer Seitenzahn eine relativ kürzere Zeit eine kräftigere Weiterentwicklung besitzen oder in gleicher Zeit ein weniger intensives Wachsthum haben, als ein anderer der Blattbasis näherer. Wie die Seitenkerbzähne, so können auch die Endkerbzähne Nebenzähne entwickeln, welche natürlich, wie diejenigen der Hauptseitenkerbzähne, relativ klein bleiben. Durch eine etwas kräftigere Entwicklung eines Nebenzahnes des Endzahnes kann dieser als Hauptseitenkerbzahn erscheinen, und auf diese Weise kann es den Anschein haben, als ob der oberste Seitenkerbzahn besonders klein sei.

Die basipetale Entstehung der Kerbzähne eines Blattes ist massgebend für die Art der Anlage seiner Fibrovasalstränge, sowie für diejenige der Bildungsgewebe der Adventivknospen und der tropfenausscheidenden Gewebe. Da die Bildungsgewebe und die tropfenausscheidenden Gewebe schon früh in den Kerbzähnen entstehen, so ergibt sich von selbst, dass die ältesten von jeder dieser zwei Gewebearten an den der Blattspitze nächst gelegenen bezüglichen Stellen vorkommen. Aber auch für die Hauptstränge des Gefässbündelsystems im Blatte lässt sich deutlich eine basipetale Anlage erkennen.

Der Hauptnerv oder primäre Fibrovasalstrang des Blattes ist bereits angelegt, wenn noch kaum der Beginn einer Gliederung an der Blattbasis wahrzunehmen, also erst der Endkerbzahn gebildet worden ist. *Taf. III Fig. 9 F.* *Taf. I Fig. 2* und *Taf. II Fig. 4 F'*. Während ein erster und zweiter Seitenkerbzahn entstehen, bilden sich im Endzahne zwei seitliche oder secundäre Stränge, welche sich am primären Strange am gleichen oder an zwei verschiedenen Punkten anlegen, neben ihm sich abwärts selbstständig fortsetzen, zwischen ihm und dem Blattrande in einer mittleren Partie der Blattfläche im Bogen nach der Blattspitze verlaufen und später convergirend in letzterer selbst, und zwar etwas entfernt vom Blattrande, sich in die einzelnen Gefässe spalten, um so in Gemeinschaft mit dem sich ebenso verhaltenden primären Strang die Umsäumung für

das tropfenausscheidende Gewebe des Endkerbzahnes zu bilden. *Taf. I Fig. 2 n n* und *Taf. V Fig. 17*; vergleiche auch *Fig. 15* auf *Taf. V*.

Nachdem so im Endkerbzahn drei Fibrovasalstränge entstanden sind, oder schon während der Ausbildung der beiden seitlichen secundären Stränge wird basipetal je ein Strang für den obersten Seitenkerbzahn angelegt. Dieser läuft am Hauptstrange nach der Blattbasis selbstständig herab und setzt sich nach oben in einer mittleren Partie des bezüglichen Seitenkerbzahnes fort. Auch in dem obersten Kerbzahne jeder Seite entspringen von dessen mittlerem Strange seitlich zwei tertiäre Stränge, welche sich in jeder Weise ebenso verhalten, wie die entsprechenden seitlichen secundären Stränge des Endkerbzahnes. *Taf. V Fig. 17 C n n* und *Taf. VII Fig. 18 n n*.

In gleicher Weise schreitet die Anlage der Stränge für jeden nach der Basis des Blattes neu entstehenden Seitenkerbzahn fort. *Taf. VII Fig. 19*. In jedem derselben nimmt man daher deutlich einen vom Haupt-Fibrovasalstrang des ganzen Blattes ausgehenden Mittel- oder secundären Strang wahr, welcher etwas entfernt vom Blattrande endet und sich dort in die einzelnen Gefäße spaltet, ferner sieht man gegen das Ende des secundären Stranges je zwei tertiäre Stränge convergiren und sich gleichfalls in die Gefäße spalten. Während die zwei bogenförmigen Stränge im Endzahne früher als die entsprechenden Stränge aller anderen Kerbzähne entstehen, haben die in die Seitenkerbzähne ausgehenden secundären und tertiären Stränge von unmittelbar auf einander folgenden zwei oder drei Seitenkerbzähnen oft fast einen gleichen Grad der Ausbildung.

Häufig lassen sich die eben beschriebenen genetischen Verhältnisse der einzelnen Haupttheile des Adersystems noch am ausgebildeteren Blatte deutlich durch die Stärke der betreffenden Stränge erkennen. *Taf. VII Fig. 19*. Bisweilen jedoch treten diese Verhältnisse auch schon am noch ganz jungen Blatte nicht so scharf hervor, oder man findet an ihm sogar deutliche Abweichungen von dem normalen Verhalten. So kann der untere bogenförmige Strang eines Kerbzahnes als Verlängerung eines

secundären Stranges und der obere bogenförmige Strang als Abzweigung eines bogenförmigen Stranges des benachbarten Zahnes erscheinen, *Taf. VII Fig. 19 C* sowie *Taf. V Fig. 17 C'*; oder es können von dem vom primären Strange zur Spitze eines Kerbzahnes laufenden secundären Strang nicht nur die zwei tertiären Stränge für diesen Kerbzahn ausgehen, sondern auch für den nächst jüngeren Kerbzahn erstens der Mittelstrang, und zweitens der der Blattbasis zu gelegene seitliche Strang desselben. In anderen Fällen hat es den Anschein, dass der Mittelstrang eines Kerbzahnes von dem bogenförmig verlaufenden seitlichen Strang des oberen Kerbzahnes ausgehe.

Eine wenn auch nicht ganz so deutlich regelmässige Anordnung der Fibrovasalstränge, wie man sie in den Kerbzähnen beobachtet, nimmt man in der Umgebung der Adventivknospen der Kerbeinschnitte des Blattes wahr. In der Regel macht der untere Theil des der Blattspitze zu gelegenen bogenförmigen Stranges eines Seitenkerbzahnes einen annähernd rechten Winkel. *Taf. VII Fig. 18 n* und *19 g'g'* bei *g*. An den der Blattbasis zu gelegenen bogenförmigen Strang eines Kerbzahnes legt sich in der Regel in einer mittleren Partie desselben ein schwächerer Strang an, *Taf. VII Fig. 18 n'* und *19 g'' g''*, welcher, und zwar ebenfalls bogenförmig, zwischen jenem und dem Blattrande nach dem Grund der Kerbe läuft und sich dort an das Knie des rechtwinklig gebogenen Stranges, *Taf. VII Fig. 18* und *19* bei *g*, des nächst unteren Kerbzahnes anlegt. Auf diese Weise entsteht auf Blattflächenschnitten durch das Bildungsgewebe der Schein, als ob in dessen Umgebung ein Hauptstrang und zwei Seitenstränge vorkommen, in Wahrheit aber treten dort zwei Stränge ungleichen Grades, *Taf. VII Fig. 18 gn* und *n'* und *Fig. 19 g'g'* und *g''* in Berührung. Später finden sich in der Nähe des Grundes der Kerbe meist nicht nur diese zwei stärkeren Stränge, sondern es legen sich an ihren Vereinigungspunkt noch eine Anzahl neuer an. *Taf. VII Fig. 19* bei *p*.

Aus diesen Auseinandersetzungen ergibt sich von selbst, dass die Mehrzahl der in der Umgebung der Bildungsgewebe verlaufenden Stränge stets spätern Ursprunges sind, als die auf

die tropfenausscheidenden Gewebe zulaufenden. Durch die angedeuteten Abweichungen im Verlaufe der Stränge eines Kerbzahnes ist natürlich auch die Anordnung der Stränge um den Grund der Kerbe eine mit der eben beschriebenen nicht ganz übereinstimmende.

Im allgemeinen scheinen die Abweichungen vom normalen Verhalten der secundären und tertiären Fibrovasalstränge häufiger in den basalen als in den apicalen Partien des Blattes aufzutreten, in ersteren treten wohl noch weitere Abänderungen im Ader-netze dadurch zu Tage, dass die Zahl der Stränge eines Kerbzahnes eine geringere und dem entsprechend ihre Anordnung auch eine andere ist. Stets ist dies in den Nebenkerbzähnen der Fall, *Taf. VII Fig. 19 c c'*, für welche die angegebenen Regeln nur in sofern gelten, als sich auch an der Spitze jener die in ihr verlaufenden Stränge etwas entfernt vom Blattrande in die einzelnen die tropfenausscheidenden Gewebe umgebenden Gefässe spalten.

Weil der Endzahn des Blattes von *Bryophyllum* stets der älteste Theil desselben ist, derselbe meist einen ziemlichen Umfang erlangt, bevor basipetal neue Kerbzähne angelegt werden, der primäre Fibrovasalstrang des Blattes sich sehr früh bis zur Blattspitze ausbildet, und dasselbe für die zwei bogenförmig verlaufenden secundären Stränge des Endkerbzahnes gilt, so erklärt es sich leicht, warum man schon an den noch sehr jungen Blättern Tropfenausscheidung beobachtet, bereits die ersten Tropfen ziemlich gross sind, und sich anfangs nur an der Blattspitze Tropfen bilden.

Die Entstehung der Bildungsgewebe der Adventivknospen findet ihre naturgemässe Erklärung in der Art der Gliederung der Blattfläche. Während sich an gewissen Stellen in basipetaler Folge neue Vegetationspunkte am Blattrande bilden, schreitet dem entsprechend an den zwischen je zweien derselben gelegenen Punkten der Blattfläche das Gewebe in der Entwicklung langsamer fort. Während sich später die Zellen der Kerbzähne im allgemeinen bedeutend vergrössern, ihre Membranen verdicken und in ihnen zahlreiche Chlorophyllbläschen entstehen, bleiben im

Grunde der Kerben die Zellen auch später farblos, kleiner und zartwandiger und sind deshalb besonders geeignet, Anlass zu einem neuen Wachstume am Blatte zu geben. Aus dieser Darlegung ergibt sich von selbst, was man auch auf dem Wege der mikroskopischen Untersuchung erkennt, dass die einzelnen Bildungsgewebe in einer sehr frühen Entwicklungsperiode des Blattes angelegt werden, ja es ist danach nicht unwahrscheinlich, dass dies schon geschieht, bevor noch die tropfenausscheidenden Gewebe in den beiden einem Bildungsgewebe benachbarten Zähnen differenzirt sind. Dass in der Folge die tropfenbildenden Gewebe sich schneller kräftiger entwickeln, als die bezüglichlichen Bildungsgewebe, dürfte hauptsächlich darin begründet sein, dass sich im Blatte zuerst einige Fibrovasalstränge in den Kerbzähnen ausbilden und so die tropfenausscheidenden Gewebe besonders mit Nährlösung versorgt werden.

Das Vorkommen von einem kleinzelligen Gewebe sowohl in jedem Kerbzahne, als auch im Grunde jeder Kerbe während der ganzen Lebensperiode eines Blattes kann leicht bei oberflächlicher Untersuchung zu eigenthümlichen Deutungen Anlass geben. Es hat dann wohl wenigstens bei nicht über ein mittleres Entwicklungsstadium ausgebildeten Blättern den Anschein, als ginge die weitere Ausbildung des ganzen Blattes von ebenso vielen Punkten aus, als Kerbzähne und Kerbeinschnitte zusammen an ihm vorkommen, welcher Trugschluss noch durch die strahlige Anordnung der Zellen um den Grund der Kerben bekräftigt zu werden scheint.

Nach den bisherigen Mittheilungen erzeugt jeder Hauptkerbzahn und jeder Nebengerbzahn ein einziges tropfenausscheidendes Gewebe, namentlich an ausgewachseneren Blättern findet man jedoch auch Kerbzähne, welche mehr als ein solches besitzen oder wenigstens zu besitzen scheinen. Diese Erscheinung steht nicht im Widerspruche mit dem Gesagten und ist nicht als eine abnormale aufzufassen, sie erklärt sich auf einfache Weise wie folgt: Entweder bildet sich ein einmal angelegter Nebengerbzahn nicht weiter aus, wohl aber entstehen in derjenigen Blattpartie, in welcher er angelegt wurde, die bezüglichlichen Fibrovasalstränge, sowie ein tropfenausscheidendes Gewebe. Oder es verschmelzen

während ihres fernern Wachstums die sich weiter ausbildenden Nebenkerbzähne eines und desselben Hauptkerbzahnes unter einander und mit letzterem, so dass man später an der betreffenden Stelle des Blattrandes von der anfänglichen Gliederung des Hauptkerbzahnes nichts mehr wahrnimmt, aber deutlich das jedem einzelnen ursprünglichen Nebenkerbzahn zugehörige tropfenausscheidende Gewebe erkennt.

Gedrängte Zusammenstellung der wichtigern Ergebnisse der Untersuchungen.

Die Entstehung der Knospen am Blatte.

Die Adventivknospen der Blätter von *Bryophyllum* entstehen exogen. Im Grunde der Kerbeinschnitte befinden sich zwei von einander verschiedene farblose Gewebe, von welchen das eine in der mittlern Partie einer Einsenkung des Blattrandes gelegene ein meristematisches, ein Bildungsgewebe, das andere in der untern Blatthälfte befindliche ein collenchymatisches ist. Ein Gefäßsstrang des Mutterblattes läuft bis zum meristematischen Gewebe, welches letzteres allein die Knospe erzeugt. Bei der Weiterentwicklung der Bildungsgewebe bleibt der eigentliche Scheitel der Adventivknospen im Wachsthum sehr zurück, und entstehen die beiden Primordialblätter (die Glieder des ersten Blatt-paares) nicht gleichzeitig, das zuerst angelegte ist der untern Fläche des Mutterblattes zu gelegen, eine auf beiden Primordialblättern senkrechte Ebene steht also auch senkrecht auf dem Mutterblatte.

Die Knospenanlagen sind schon an sehr jungen Blättern deutlich zu erkennen und bilden sich bereits an am Sprosse vegetirenden weiter aus, man nimmt nämlich schon an noch nicht erwachsenen Mutterblättern das erste Primordialblättchen wahr, das zweite tritt jedoch meist erst an völlig ausgewachsenen hervor. Zu jungen Pflanzen bilden sich jedoch die Knospenanlagen nie an den noch am Sprosse vegetirenden Blättern aus*), hin-

*) Vergleiche pag. 7.

gegen an den losgelösten, und zwar auch an noch nicht völlig ausgebildeten, geschieht dies bei genügender Wärme (20—30° C.) und Feuchtigkeit schnell, die Pflänzchen werden nämlich bereits nach vier Tagen sichtbar. Diese Weiterentwicklung der Anlagen der Adventivknospen findet auch statt, wenn die losgetrennten Mutterblätter nicht einer feuchten Unterlage aufliegen, jedoch sind die so entstehenden Pflänzchen vergänglicher Natur.

Die Bildungsgewebe von Mutterblättern gleichen Alters oder eines und desselben Mutterblattes sind nicht von gleichem Grade der Entwicklung, und nie entstehen aus den Kerbeinschnitten aller Blattpartien Pflänzchen.

Die Entstehung der Wurzeln an den Adventivknospen.

An erwachsenen, noch am Sprosse vegetirenden Mutterblättern entstehen keine Wurzeln, hingegen an abgelösten erfolgt die Wurzelbildung in feuchtwarmer Atmosphäre schnell, es brechen dann nämlich schon bevor die Knospen sichtbar werden eine oder mehrere Wurzeln hervor, und zwar geschieht dies am häufigsten aus der untern, jedoch oft auch aus der obern Blattfläche und in seltenen Fällen sogar aus dem Blattrande, die auf die beiden letztern Arten erzeugten Wurzeln sind indessen vergänglicher Natur.

Die ersten Wurzeln der jungen Pflanzen entstehen aus dem Cambium des zum Meristem der Kerbeinschnitte führenden Gefäßbündels des Mutterblattes.

Die Blattanlage an den Pflänzchen und an ältern Sprossen.

Auch die Glieder jedes zweiten bis nten Blattpaares entstehen nicht gleichzeitig: Es kommen also bei *Bryophyllum* keine echten Blattwirtel vor. Die Cyclarstrahlen der successiven Scheinwirtel liegen auf einer rechts- oder linksläufigen Spirale.

Die ersten beiden Internodien der aus Mutterblättern erzeugten jungen Pflanzen entstehen abweichend von der spätern Entwicklung der Pflanzenachse. Vergl. pag. 29 und 30.

Die Entwicklung des Stengels.

Die primäre Rinde besteht aus der bald absterbenden Epidermis, einem wenigsschichtigen Phellogen, dem Hypoderma und einem stark entwickelten innern Rindenparenchym. Das Phellogen entsteht aus den Epidermiszellen und bildet eine bleibende continuirliche Schicht. Das Hypoderma, eine bis sechs Zellenlagen dicke Schicht, besteht aus gestreckten, porös verdickten, auf Querschnitten collenchymähnlichen Zellen. Die Zellen der innern Rinde, sowie alle Markzellen sind porös verdickt und gleich den Zellen des Hypoderma chlorophyllhaltig, sowie reich an Stärke und Gerbstoffen.

Auf Querschnitten wenig unterhalb der Stengelspitze findet man in der Cambiumzone acht Gefässbündel (vier Median- und vier Lateralstränge) im Kreise vertheilt und die Stellen zwischen den einzelnen Bündeln bereits von Cambium eingenommen: Das interfasciculare Cambium wird also bei *Bryophyllum* sehr früh angelegt.

Das Xylem besteht in den jüngern Internodien, dem ersten bis achten, nur aus Gefässen (primäres Xylem). Die Gefässe sind meist Netzgefässe, an der Grenze des Markes kommen auch Ring- und Spiralgefässe vor. Alle drei Arten Gefässe erweisen sich deutlich als Fusionen und treten auf Querschnitten in von einander gesonderten Gruppen auf, deren Zahl in nicht zu jungen Stengeltheilen zwischen zwölf und achtzehn schwankt, und welche in ältern Internodien weit ins Mark hineinragen. Zwischen solchen Bündeln primären Xylems befindet sich Cambium (intervasales Cambium), welches deren radiales und tangentialles Wachstum besorgt.

Bei der Bildung von secundärem Xylem werden sämtliche nach Innen gelegene Zellen des Cambiumringes in Holzzellen umgewandelt: Also fehlen, wie schon aus vorangegangennem erhellt, Markstrahlen absolut. In ältern Internodien werden nach Erzeugung eines Holzringes an dessen äusserer Grenze von neuem vereinzelte Netzgefässe angelegt. Die Holzzellen liegen auf Querschnitten in deutlich radialen Reihen, die Zellen einer

Berge, *Bryophyllum*.

Reihe sind von annähernd gleichem Durchmesser, dagegen wechseln radiale Reihen grösserer und kleiner Zellen. Alle Holzzellen sind porös verdickt, die Poren liegen auf den tangentialen und radialen Wänden in Längsreihen und durchsetzen die tangentialen Wände genau radial.

Die Holzzellen sind zugespitzt oder zugeschärft, und ihre Zuschärfungskanten radial gerichtet, in ältern Internodien schieben erstere sich auf weite Strecken zwischen einander, sind also spindelförmig, und damit in Zusammenhang ist die Anzahl der Reihen grösserer Holzzellen auf Querschnitten älterer Stengeltheile eine geringere, als auf solchen jüngerer. Die Cambiumzellen ganz junger Stengeltheile grenzen mit horizontalen oder schwach geneigten, diejenigen älterer mit stumpf zugeschärften oder zugespitzten Enden aneinander.

Der Stengel von *Bryophyllum* besitzt sowohl ausserhalb als innerhalb des Holzringes Phloëm, das äussere entsteht theils aus fascicularem, theils aus interfascicularem Cambium, und das innere theils aus intervasalem, theils aus interfascicularem; das aus intervasalem Cambium entstehende Phloëm ist mithin keineswegs markständig im eigentlichen Sinne. Sämmtliches Phloëm besteht aus zwar gestreckten, jedoch nicht spindelförmigen Zellen, die Zellen des Phloëm sind im übrigen beim äusseren theils einfach porös verdickt und auf Querschnitten collenchymähnlich, theils zartwandig und longitudinal gefächert und dann auf Querschnitten siebplattenähnlich, beim innern Phloëm fehlt die letztere Art Zellen: Es kommen bei *Bryophyllum* also weder echte Bastzellen, noch echte Siebröhren vor.

Das Dickenwachsthum des Stengels beruht hauptsächlich auf dem Wachsthum von Rinde und Mark, die Ausdehnung des Markes dauert auch nach Anlegung des Holzringes fort, des letzteren Erweiterung wird weder durch longitudinale Theilungen der Holzzellen, noch durch tangentiale Volumenzunahme derselben, sondern durch ihre Fähigkeit, sich zu verlängern und neben einander vorbeizuschieben bewerkstelligt.

Der Gefässbündelverlauf.

Die Blattspuren sind dreisträngig, ihre Medianstränge setzen sich durch zwei Internodien abwärts gerade fort und gabeln sich entweder über dem Medianstrang [des zweitunteren Blattpaares, wobei die Gabeläste vereintläufig werden mit den Lateralsträngen der Blätter des nächstunteren Paares, oder aber sie werden einfach tangential abgelenkt und nachher vereintläufig. Die Lateralstränge setzen sich zunächst durch ein Internodium gerade abwärts fort, verschränken sich dann mit dem Median- und Lateralstrange des nächstunteren Paares, steigen noch durch ein zweites Internodium gerade hinunter und gabeln sich hier entweder, wobei die Gabeläste vereintläufig werden mit einem Median- resp. Lateralstrange eines Blattes des nächstunteren Paares, oder aber sie werden einfach tangential schief einwärts oder auswärts abgelenkt und vereintläufig.

Die Gabelung oder die einfach tangential Ablenkung einerseits, sowie die Vereinigung von Strängen andererseits erfolgt in verschiedenen Regionen des betreffenden Internodiums. Im übrigen siehe das Capitel über den Gefässbündelverlauf.

Die Tropfenbildung am Blatte.

Tropfenausscheidung findet an Blättern jeden Alters statt, und zwar nur an der untern Blattfläche an Stellen, welche nahe dem Blattrande und der Spitze der Kerbzähne gelegen sind, in der untern Epidermis eine schwache Vertiefung besitzen und sich durch hellere Färbung auszeichnen. Im Innern [dieser Blattpartien befindet sich ein aus kleinen, zartwandigen, chlorophyllfreien, strahlig angeordneten Zellen bestehendes, einen Hohlraum umschliessendes Gewebe, welches der untern Epidermis näher liegt und nur auf Seite dieser nicht von Gefässen umschlossen ist, auf dies tropfenausscheidende Gewebe laufen nämlich drei Fibrovasalstränge, welche sich an seiner Grenze in die einzelnen Gefässe spalten. Die Zellen der untern Epidermis] sind an den tropfenausscheidenden Stellen schwach cuticularisirt, und

es liegen hier zwei scharf von einander geschiedene Gewebe, das eine derselben nimmt die Vertiefung sowie deren nächste Umgebung ein und besteht aus kleinen, deutlich polyedrischen und zartwandigen Zellen, zwischen denen eine Anzahl Spaltöffnungen vorkommt, das andere ersteres umgebende setzt sich aus grösseren Zellen zusammen, ist völlig frei von Spaltöffnungen, wird aber von einem zahlreiche Spaltöffnungen führenden Gewebe umgeben, dessen Zellen gross und von gelappten oder zickzackig gebogenen Wänden begrenzt sind.

Die sich an den Blättern ausscheidenden Tropfen bestehen aus reinem Wasser. Die ersten Tropfen treten während der Lebensdauer eines jeden Blattes an dessen Endzahn auf, die Tropfenausscheidung wird an allen Blättern durch Begiessen und Bodenwärme unter gleichzeitigem Herabdrücken der Transpiration befördert und tritt fast momentan ein durch Erhöhung des Druckes des Zellsaftes.

Physiologische Versuche mit Eisensalz-, Blutlaugensalz- und Farbholzlösung haben die Ergebnisse der anatomischen Untersuchungen bestätigt: In jedem Kerbzahn fungirt nämlich ein besonderes Gewebe als Wasserreservoir, zu welchem die Gefässe in einer wichtigen Beziehung stehen, letztere sind die Bahnen, auf denen das auszuscheidende Medium zu den tropfenausscheidenden Stellen gelangt.

Die physiologischen Versuche haben weiter folgende That-sachen ergeben. Die Eisensalzlösung, welche bei erhöhtem Druck in Sprosse infiltrirt wird, gebraucht eine ziemliche Zeit, um bis zu den Stellen der Ausscheidung der Tropfen zu gelangen. Während die Eisensalzlösung in Stengel und Blättern circulirt, wird in der nähern Umgebung der Gefässe gerbsaures Eisen ausgeschieden, so dass die Blattadern tintefarbig erscheinen. Gerbstoffe kommen überhaupt im Saft und in der Membran vieler Zellen von *Bryophyllum* vor, völlig frei davon sind nur die Holzzellen. Diejenigen Gewebepartien, welche auf Zusatz von Eisensalz tintefarbig werden, färben sich durch Kalilösung violett und braun.

Auf Schnitten durch zartere Adern von Blättern, in welche

Eisensalzlösung gedrunken ist, aber noch keine Ausscheidung von gerbsaurem Eisen stattgefunden hat, färben sich nach Zusatz von Blutlaugensalz und Salpetersäure oft nur die (vorher farblosen) Gefäße berlinerblau, während in den die letztern umgebenden Zellen gar keine Färbung eintritt.

In die Blätter getretenes Blutlaugensalz ist nur in den Gefäßen nachweisbar, dergleichen färben sich durch Farbholzlösung nur die Gefäße dunkel*).

An ganzen mit Eisensalz infiltrirten und dann mit Blutlaugensalz und Salpetersäure behandelten Blättern tritt das ganze Adernetz sehr deutlich mit blauer Farbe hervor.

Die Entwicklung des Blattes.

Es herrscht bei *Bryophyllum* ein ziemlicher Polymorphismus in der Ausbildung der Laubblätter, diese sind nämlich entweder ungetheilt und dann theils einfach oder doppelt kerbzähnig bis gezahnt, theils ganzrandig, oder aber getheilt und bestehen dann aus einem Endlappen und zwei Seitenlappen, von welchen jeder einfach oder doppelt kerbzähnig bis gezähnt ist. Die Lamina ist fiedernervig, vom primären Nerven geht in jeden Seitenzahn ein secundärer Gefäßstrang, welcher sich in der Nähe des Blattrandes in die einzelnen Gefäße spaltet, ausserdem treten in jedem Seitenzahn zwei tertiäre (in jedem Endzahn zwei secundäre) Stränge auf, welche gegen das Ende des secundären (resp. des primären) convergiren und sich dort gleichfalls in die Gefäße spalten, das tropfenausscheidende Gewebe umfassend. Weiteres über den Gefäßbündelverlauf im Blatte siehe pag. 89 bis 92.

In der Umgebung der Bildungsgewebe für die Adventivknospen entstehen die meisten Fibrovasalstränge später, als im Gewebe der Kerbzähne selbst:

Die Entwicklung des Blattes ist eine durchaus basipetale: Der älteste Kerbzahn ist stets der Endkerbzahn,

*) Vergleiche pag. 53.

die ersten Bildungsgewebe für die Adventivknospen, sowie die ersten tropfenausscheidenden Gewebe entstehen in dem apicalen Theile eines Blattes, auch die Ausbildung des Gefäßbündelsystems schreitet durchaus von oben nach unten fort. Die Papillenbildung tritt am Blatte am deutlichsten am Rande und hier am jungen Blatte am frühesten an dessen oberen Ende, also am Endzähne, auf.

Spaltöffnungen treten auf beiden Blattseiten auf und werden durch spiralige Vorbereitungstheilungen angelegt.

Das ganze Blatt ist reich an Stärke und Gerbstoffen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Schnitt senkrecht zum Blattrande durch den Grund der Kerbe eines erwachsenen Blattes, welches fünf Tage auf dem auf 25—30° C. erwärmten Treibbeete gelegen hatte. Vergrösserung 40. An dem nach der untern Blattseite *i* gelegenen grösseren Primordialblatte *F* haben sich bereits an seiner Spitze die Epidermiszellen papillenförmig hervorgewölbt. *F'* ist das zweite Primordialblatt, die beiden Blättchen des zweiten Paares, *f*, sind ungleich gross. An der untern Mutterblattseite sind zwei Wurzeln, *r r*, von welchen die grössere, nur zum vierten Theile gezeichnete sieben Millimeter lang war, an der oberen Blattseite, *s s*, ist eine Wurzel, *r'*, gebildet. *x x* ist beim Austritte der Wurzeln zerrissenes Gewebe des Mutterblattes (Wurzelscheide).

Fig. 2. Schnitt senkrecht zum Blattrande durch den Grund der Kerbe eines erwachsenen Blattes, welches zwölf Tage auf dem auf 25—30° C. erwärmten Treibbeete gelegen hatte. Vergrösserung 50. Von dem grösseren Primordialblatte *F* wurde die eine Hälfte von dem kleineren *F'* beide Randpartien entfernt. Ersteres besteht hauptsächlich aus einem grossen Endkerbzahn, unterhalb dessen ein Seitenkerbzahn *c* bemerkbar ist, das kleinere Primordialblatt *F'* bestand nur aus einem Endkerbzahn; an allen Kerbzähnen sind die Randepidermiszellen papillen-

förmig. Im Endzähne des grösseren Primordialblattes sieht man ausser dem Medianstrange $m m$ den bogenförmigen Strang $n n$ der einen Blatthälfte. Die Blättchen des zweiten Paares f sind deutlich ungleich gross, das kleinere war bei der höchsten Einstellung sichtbar. Am Scheitel v der Knospe nimmt man die Anlagen der Blättchen des dritten Paares wahr, π und π' , und erkennt links dessen Cyclarstrahl π , es liegen also in diesem Falle die Cyclarstrahlen der drei Scheinwirtel auf einer linksläufigen Spirale. Vom Gefässstrange G des Mutterblattes verläuft je ein Strang m und m' in die Primordialblättchen, ein dritter geht beinahe bis unter den Knospenscheitel, es dürfte das Gefässbündel für das eine Blatt des zweiten Paares sein, während dasjenige für das andre Blatt wahrscheinlich durch den Schnitt entfernt wurde. Vergl. *Taf. II Fig. 4* und *Taf. III Fig. 10*. An der unteren Seite i des Mutterblattes sind zwei Wurzeln entstanden, deren beide Stränge $g g$ sich an den Strang des Mutterblattes anlegen. $t t$ Wurzelfilz, welcher in *Fig. 1* weggelassen wurde. $x x$ zerrissenes Gewebe des Mutterblattes (Wurzelscheide).

Fig. 3. Sprossspitze einer älteren Pflanze. Die beiden Blättchen waren in Wirklichkeit einander noch mehr genähert, als dies in der Zeichnung absichtlich angegeben worden ist. Das Blatt rechts war das kräftiger entwickelte und hatte an jeder Seite bereits fünf Kerbzähne entwickelt, der Endkerbzahn übertrifft auf diesem Stadium noch an Grösse die oberen Seitenkerbzähne. Die Papillenbildung wurde weggelassen. An der Basis beider Blätter sieht man die Anlage des nächstjüngern Blattpaares. Die Ziffern beziehen sich auf die verschiedene Einstellung, die mit der niedrigsten Ziffer bezeichnete Linie war bei der höchsten Einstellung sichtbar. Vergl. *Taf. V Fig. 17*.

Tafel II.

Fig. 4. Stengelspitze eines Pflänzchens, welches sich an einem Mutterblatte befand, das drei Wochen auf dem Treibbeete gelegen hatte. Vergrößerung 40. Die Ziffern beziehen sich auf die verschiedene Einstellung, die mit der niedrigsten Ziffer bezeichnete Linie war bei der höchsten Einstellung sichtbar. Die zwei Blättchen F und F' , von welchen durch zwei Schnitte senkrecht zu ihrer Fläche die Randpartien entfernt wurden, sind diejenigen des zweiten Paares, das grössere derselben hatte im Ganzen fünf, das kleinere drei Seitenkerbzähne. m und m' Medianstränge. Das Object hat in der Zeichnung eine solche Lage erhalten, dass das älteste der Primordialblätter dem Beschauer zugewendet sein würde. Zwischen den Basen der Blättchen F und F' des zweiten Paares sieht man die Anlagen zweier neuen Blattpaare, $f f'$ und $\pi \pi'$, f und π sind ihre Cyclarstrahlen. Die Cyclarstrahlen, nämlich das nicht in die Zeichnung aufgenommene erste Primordialblatt, ferner $F f$ und π liegen also auf einer rechtsläufigen Spirale. v ist Sprossscheitel. Vergleiche *Taf. III Fig. 10* und *11* und *Taf. II Fig. 12*.

Fig. 5. Schnitt senkrecht zum Blattrande durch das Bildungsgewebe eines etwa sieben Millimeter langen, der Pflanze frisch entnommenen Blattes. Vergrößerung 200. $i i$ untere Blattseite. Bezüglich der Abgrenzung der einzelnen Gewebe vergleiche *Taf. II Fig. 6*.

Fig. 6. Schnitt senkrecht zum Blattrande durch das Bildungsgewebe eines etwa halb erwachsenen, der Pflanze frisch entnommenen Blattes. Vergrößerung 200. Alle mit einem Kreuz $\dagger$ bezeichneten Zellen waren ursprünglich chlorophyllhaltig, alle mit einem Stern $*$ bezeichneten waren beim Liegen in Kali gebräunt worden. Alle nicht mit $\dagger$ oder $*$ bezeichneten Zellen mit rundlichem Lumen gehören dem Collenchym, die kleinen polyedrischen Zellen dem Bildungsgewebe an. $i i$ untere Blattseite. In

einer unteren Partie des Schnittes erkennt man die Querschnitte einiger Gefässe.

Fig. 7. Schnitt senkrecht zum Blattrande durch das Bildungsgewebe eines noch nicht völlig erwachsenen, der Pflanze frisch entnommenen Blattes. Vergrößerung 350. Die mittlere Hervorragung des Randes, *F*, ist das erste Primordialblättchen. Die Abgrenzung der einzelnen Gewebe erhellt aus *Fig. 6*.

Fig. 12. Der isolirte oberste Theil der Stengelspitze des in *Fig. 4* beschriebenen Pflänzchens, um etwa 90° aus der Lage in *Fig. 10* auf *Taf. III* gedreht. Zwischen den Blättchen des dritten Paares *f* und *f'*, nimmt man die Anlage des vierten Paares wahr. Das Blättchen rechts, *f*, ist das in *Fig. 11* mit *f* bezeichnete und ist auch in dieser Lage deutlich als Cyclarstrahl zu erkennen. Die Ziffern haben dieselbe Bedeutung wie in *Fig. 4* auf *Taf. II* und *Fig. 11* auf *Taf. III*.

Tafel III.

Fig. 8. Schnitt senkrecht zum Blattrande durch das Bildungsgewebe eines erwachsenen der Pflanze frisch entnommenen Blattes. Aehnliche Objecte wurden auch von noch nicht völlig erwachsenen Blättern erhalten. Vergrößerung 100. Die die Einsenkung des Blattrandes nach der unteren Blattseite *i i* begrenzende Hervorragung *F* ist das erste Primordialblättchen, die andere Hervorragung *s* ist die obere Blattfläche. *f* ist Anlage des zweiten Primordialblättchens. Das Collenchym befindet sich ganz an der unteren Blattfläche. Die Abgrenzung der verschiedenen Gewebe erhellt aus *Fig. 6* und 9.

Fig. 9. Schnitt senkrecht zum Blattrande durch das Bildungsgewebe eines erwachsenen Blattes, welches vier Tage auf dem auf $25-30^{\circ}$ C. erwärmten Treibbeete lag. Vergrößerung 250. Alle mit einem Kreuz † bezeichneten Zellen waren ursprünglich chlorophyllhaltig, die mit einem Stern * bezeichneten waren beim Liegen des Schnittes

in Kali gebräunt worden. Die grössere der beiden Hervorragungen, *F*, welche sich in einer mittleren Partie des Blattrandes befinden, ist das erste oder älteste, die kleinere *f*, das zweite Primordialblättchen, zwischen beiden erkennt man den Scheitel *v* der Knospe. Zum grösseren Primordialblättchen läuft bereits ein Strang cambialer Zellen. An der unteren Blattseite *i i* erkennt man eine Wurzel *r*, welche aber nicht die erstgebildete war. *x x* die beim Austritte der Wurzel zerrissenen, später humificirten Mutterblattpartien (Wurzelscheide). Rechts von der Wurzel ist ein Theil des Collenchyms. Die obere Hälfte der Figur stellt die Knospenbildung dar, wie ich sie an erwachsenen, der Pflanze frisch entnommenen Blättern vorfand.

Fig. 10. Stengelspitze des unter *Fig. 4* beschriebenen Pflänzchens. Vergrösserung 200. Des Object hat in dieser Zeichnung die gleiche Lage, wie in *Fig. 4*. Die beiden Gefässstränge *F* und *F'* sind diejenigen der beiden Blättchen *F* und *F'* in *Fig. 4*. Das Zellgewebe wurde an manchen Stellen nur angedeutet, um die Zeichnung nicht unklar zu machen.

Fig. 11. Hülfszeichnung zu *Fig. 10*. Vergrösserung 150. Die mit den niedrigsten Ziffern bezeichneten Linien waren bei der höchsten Einstellung sichtbar. Die nicht in sich zurückkehrenden Linien 1, 0, 0 und 6, 6, 6 links gehören zum grösseren Blatte des zweiten Paares (*F* in *Fig. 4* auf *Taf. II*), die entsprechenden Linien 1, 2 und 5, 5 rechts, zu dessen kleinerem Blatte (*F'* in *Fig. 4*). *f* und *π* sind die Cyclarstrahlen der zwei jüngsten Blattwirtel. *v* ist Knospenscheitel.

Tafel IV.

Fig. 13. Schnitt senkrecht zum Blattrande *E* durch ein tropfenausscheidendes Gewebe eines etwa zu zwei Drittel erwachsenen Blattes. Vergrösserung 200. Die an der Peripherie des tropfenausscheidenden Gewebes mit einem

Kreuz † bezeichneten Zellen sind jenem angrenzende chlorophyllhaltige Parenchymzellen, die mit einem Stern * bezeichneten Zellen sind erytrophyllführende, wie sie in Blättern von *Bryophyllum* häufig in den subepidermalen Partien auftreten. *ii* ist untere Blattfläche. In einer mittleren Partie sieht man den Hohlraum *h* mit den ihn umgrenzenden grössten Zellen. Der aus dem Blattinnern kommende Fibrovasalstrang setzt sich an der oberen Blatthälfte an der Grenze des tropfenausscheidenden Gewebes fort. Die Querschnitte von Gefässen sind zum Theil Schnitte durch abgezwigte Gefässe eines der bogenförmigen Stränge. Vergleiche *Taf. V Fig. 17* Endzahn. An der unteren Blattseite erkennt man deutlich in der Epidermis *e e'* die Einsenkung *C* und in dieser drei Spaltöffnungen *s s s*. *E* Blattrand.

Fig. 14. Schnitt senkrecht zur Blattfläche und parallel dem Blattrande durch das tropfenausscheidende Gewebe eines Blattes, welches etwa zwei Drittel seiner vollkommenen Grösse erlangt hatte. Vergrösserung 200. Ueber die mit † bezeichneten Zellen vergleiche *Fig. 13*. Der Hohlraum *h* ist kleiner als in *Fig. 13*. Die Fibrovasalstränge setzen sich ebenfalls in der oberen Blatthälfte an der Grenze des tropfenausscheidenden Gewebes fort, was wenigstens an demjenigen der linken Seite deutlich zu erkennen ist. An der unteren Blattfläche *ii* erkennt man die Einsenkung *C*, in welcher zwei Spaltöffnungen *s s* getroffen sind, unter deren jeder man, wie in *Fig. 13*, einen grösseren Interzellularraum bemerkt, *e e* ist Epidermis der untern, *e' e'* Epidermis der oberen Blattfläche.

Tafel V.

Fig. 15. Flächenschnitt durch den in der unteren Blatthälfte gelegenen Theil eines tropfenausscheidenden Gewebes von einem Blatte, welches etwa zwei Drittel seiner vollkommenen Grösse erlangt hatte. Vergrösserung 200. Ueber die mit † bezeichneten Zellen vergleiche *Fig. 13*. *e e* ist

Epidermis des Blattrandes *E.* *h* ist Hohlraum des tropfenausscheidenden Gewebes. Vergleiche *Taf. V Fig. 17* und *Taf. VII Fig. 18* Endzahn. Die Abgrenzung der verschiedenen Gewebe erhellt aus *Fig. 13* und *14* auf *Taf. IV*.

Fig. 17. Blatt an der Sprossspitze einer älteren Pflanze. Vergleiche *Fig. 3*. An jeder Seite sind bereits fünf Kerbzähne angelegt, an den drei oberen derselben schon Randzellen papillenförmig hervorgewölbt, am vorgeschrittensten ist die Papillenbildung am Endzahn, welcher auf dieser Entwicklungsstufe noch bedeutend an Grösse überwiegt. Im Endzahn sind bereits die zwei bogenförmigen Fibrovasalstränge vollkommen ausgebildet. Vergleiche den Endzahn mit *Fig. 13, 14* auf *Taf. IV* und *Fig. 15*. Für den obersten Kerbzahn der linken Blattseite *C* sind der Mittelstrang *m* und die zwei seitlichen Stränge *n n*, für den nächst folgenden derselben Blattseite der Mittel- und ein seitlicher Strang angelegt. Für den obersten Kerbzahn der rechten Blattseite scheint sich der nach der Blattspitze gelegene seitliche Strang von dem bogenförmigen Strang des Endkerbzahnes abzuzweigen. Die einzelnen die Blattnerven ausdrückenden Linien entsprechen der Anzahl der an jeder Stelle sichtbaren Gefässzüge.

Tafel VI.

Fig. 16. Der an der Stelle des tropfenausscheidenden Gewebes gelegene Theil der unteren Epidermis eines noch sehr jungen, etwa sieben Millimeter langen Blattes von oben gesehen. Vergrößerung 200. In der centralen Partie erblickt man sechs kleine Spaltöffnungen, von welchen die drei mittelsten sammt den zwischen ihnen liegenden etwa zwölf kleinsten Zellen bei der tiefsten Einstellung deutlich waren. In dem die spaltöffnungsfreie Zone umgebenden Theile sieht man Spaltöffnungen des verschiedensten Entwicklungsgrades und erkennt überall die

spiraligen Vorbereitungstheilungen. Die Epidermiszellen dieses Theiles sind weniger von gelappten, als von zickzackig gebogenen Wänden begrenzt, auf Flächenschnitten älterer Blätter jedoch sind die Aus- und Einbuchtungen der Epidermiszellen stets deutlich rundlich. *ee* ist Epidermis des Blattrandes *E*.

Tafel VII.

Fig. 18. Linke Hälfte des Endzahnes, der ihm benachbarte Seitenkerbzahn und obere Partie des folgenden Seitenkerbzahnes. An den bogenförmigen Strang des Endkerbzahnes legt sich nach aussen ein anderer bogenförmiger *n'* an, welcher sich mit dem einen bogenförmigen Strange *n* des obersten Seitenkerbzahnes vereinigt. Von dem anderen bogenförmigen Strange *n* des letzteren verläuft nach Aussen und in der Richtung zum bogenförmigen Strange des folgenden Kerbzahnes ebenfalls ein Strang. Auch in dieser Figur entspricht jede Linie der Anzahl der Gefässzüge.

Fig. 19. Rechte Hälfte eines Blattes. Man sieht die Hälfte des Endkerbzahnes, fünf Hauptseitenkerbzähne und zwei Nebengerbzähne *c c'*. An den bogenförmigen Strang des Endkerbzahnes legt sich nach Aussen ein anderer bogenförmiger Strang *g''* an, welcher sich im Grunde der Kerbe mit dem einen bogenförmigen Strang *g'g'* des obersten Seitenkerbzahnes bei diesem Knie *g* vereinigt; *g* Knie des bogenförmigen Stranges. Es ist zweifelhaft, ob der nach der Blattbasis gelegene bogenförmige Strang des obersten Seitenkerbzahnes seinen Ursprung am mittleren Strange des folgenden Seitenkerbzahnes genommen hat, oder aber in erster Linie sich an den Medianstrang des obersten Seitenkerbzahnes anlegte. Im zweiten Seitenkerbzahne *C* ist deutlich zu erkennen, dass der obere bogenförmige Strang von dessen Medianstrange entsprang, und der untere bogenförmige Strang erscheint deutlich als das obere Ende des vierten secundären Stranges der

rechten Blattseite, an dessen mittlerem Theile sich der mittlere Strang des dritten Seitenkerbzahnes anlegt. Die Stränge für den Nebenkerbzahn *c* legen sich an den bogenförmigen Strang zweiten Grades, welcher mit dem einen ursprünglichen bogenförmigen Strange des zweiten Seitenkerbzahnes *C* in Verbindung steht.

Tafel VIII.

Fig. 20. Schema des Gefässbündelverlaufes durch zehn successive Internodien eines Sprosses. Vergleiche das Capitel über den Gefässbündelverlauf.

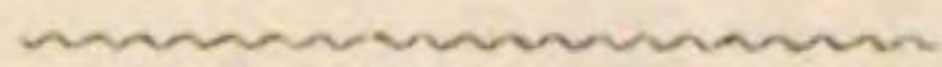


Fig. 1.



Fig. 2.

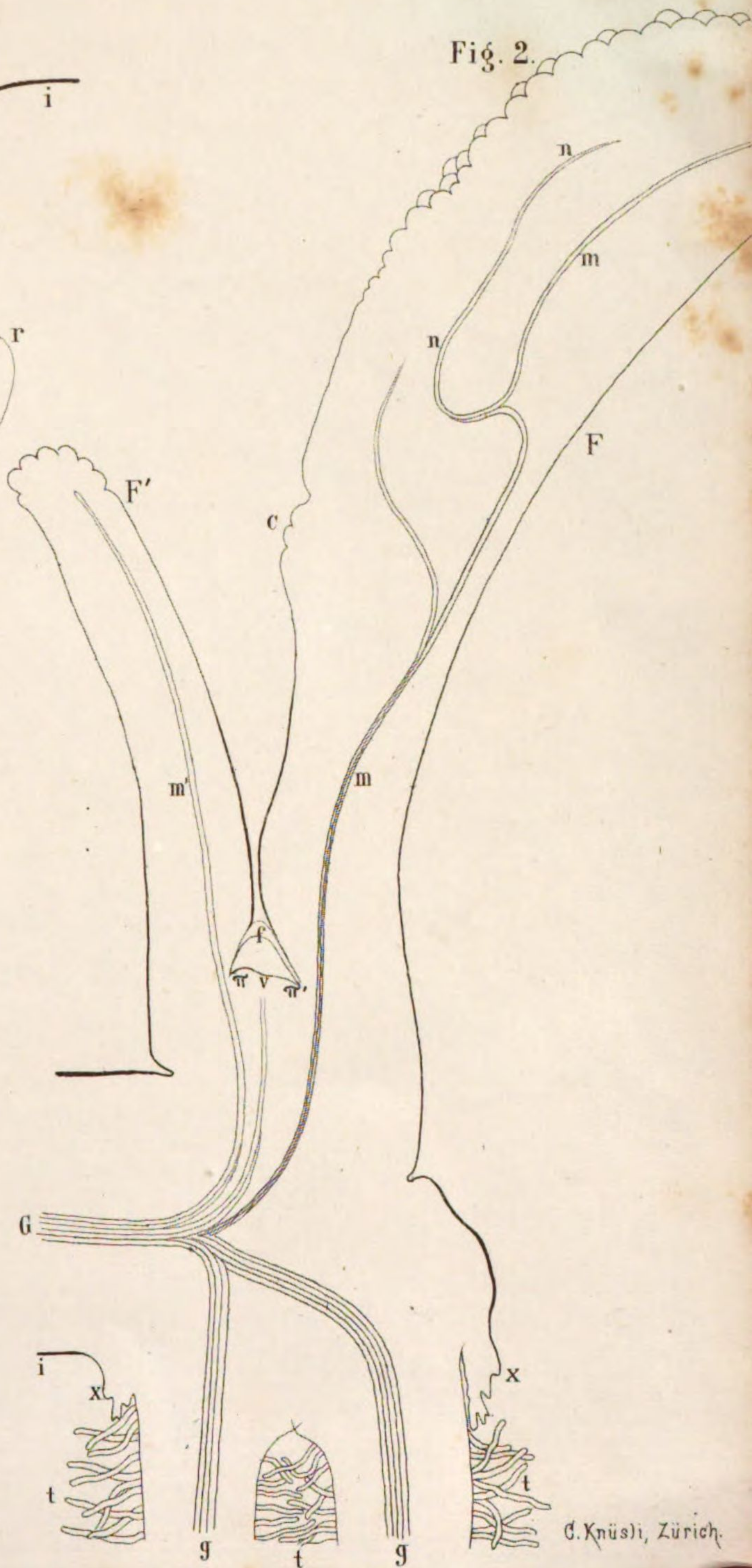


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

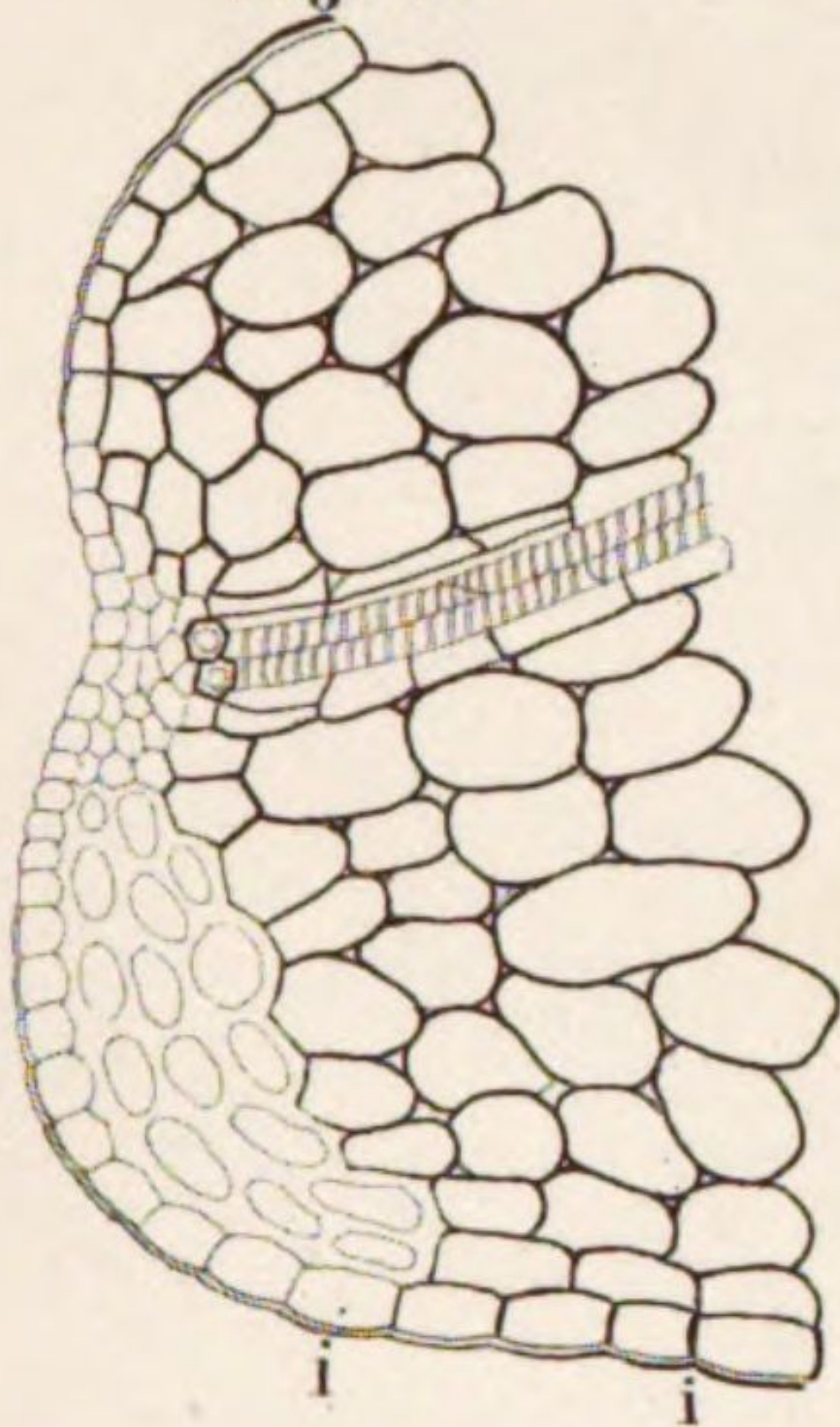


Fig. 6.

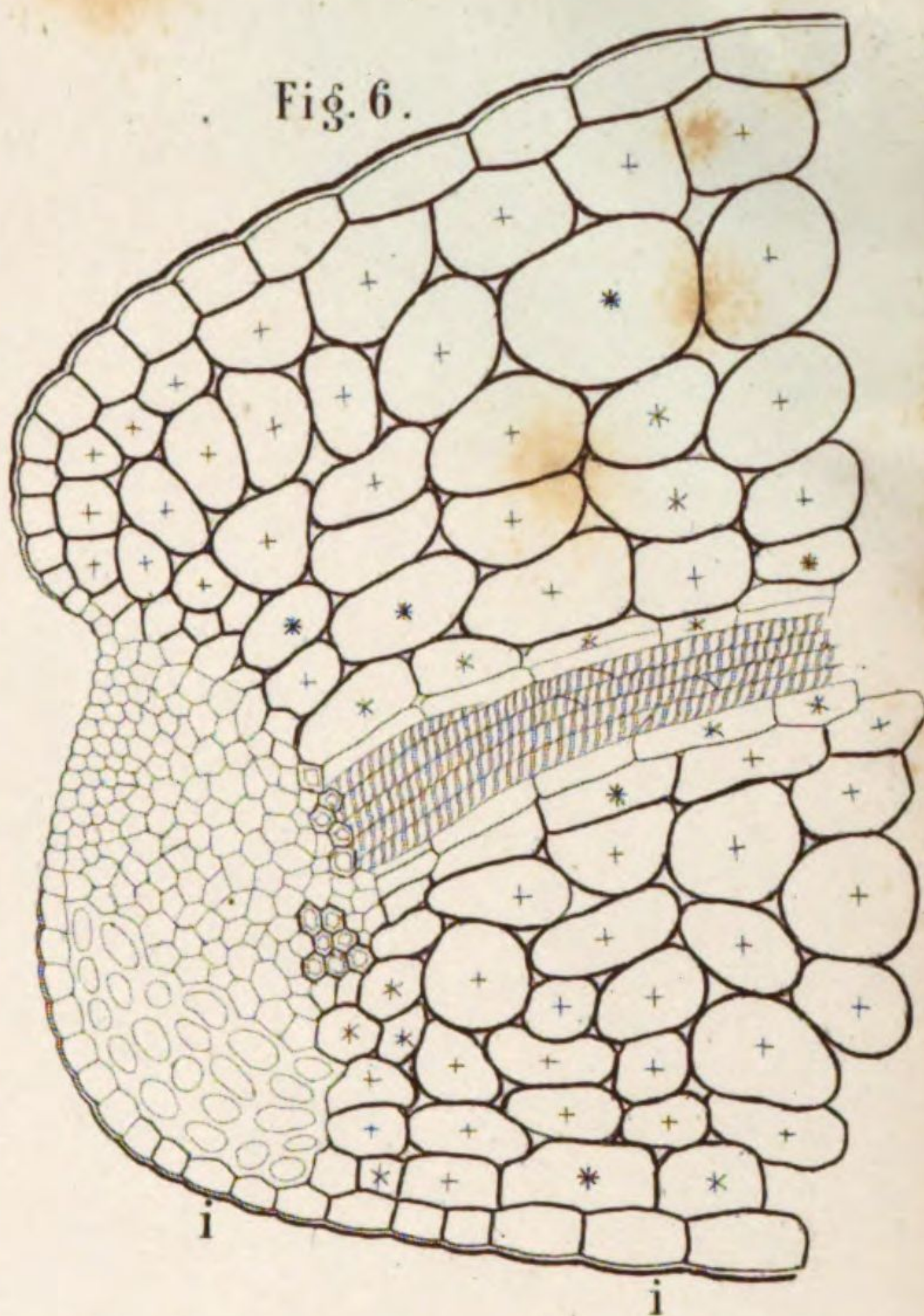


Fig. 7.

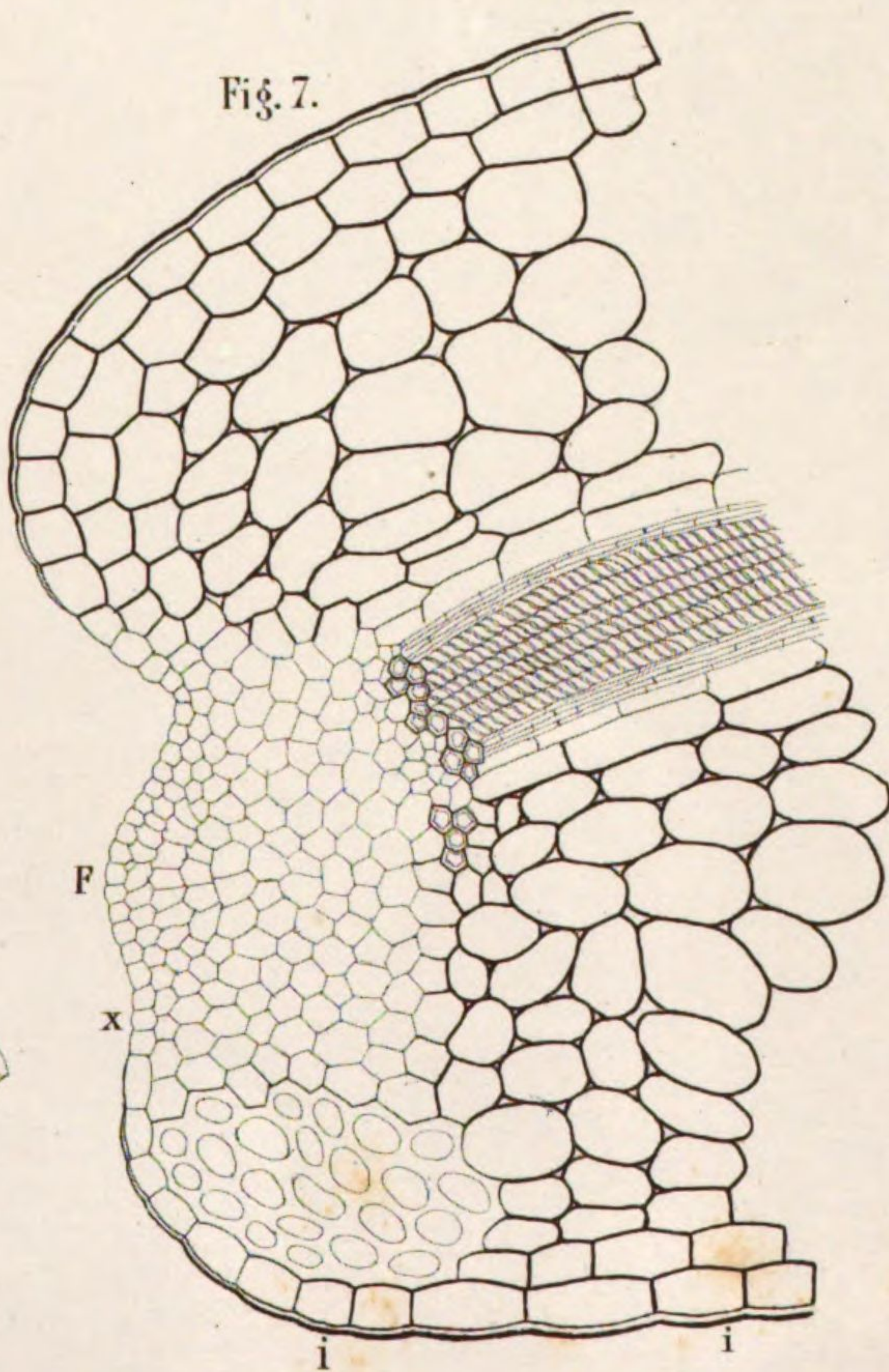


Fig 12.

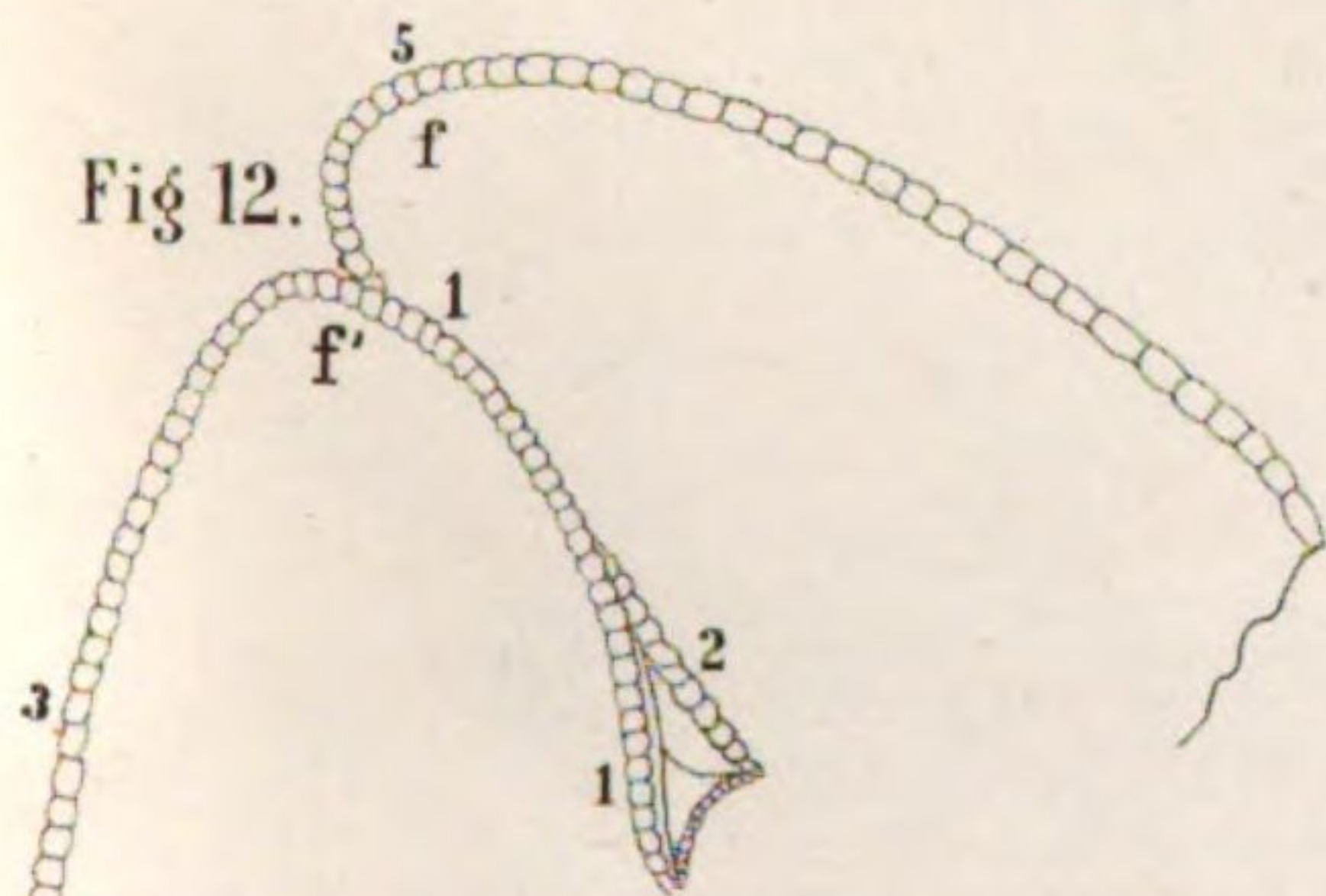


Fig. 8.

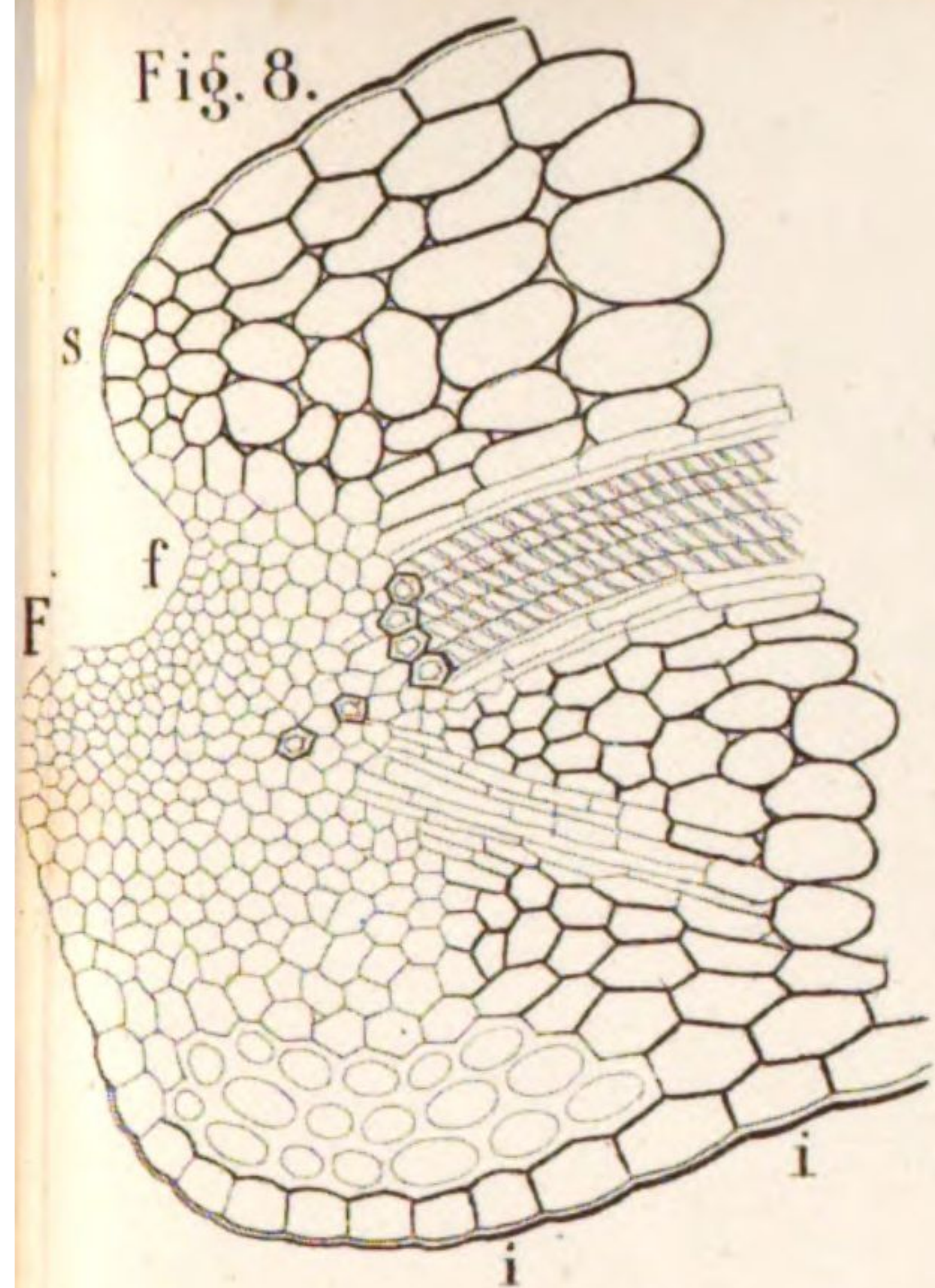


Fig. 9.

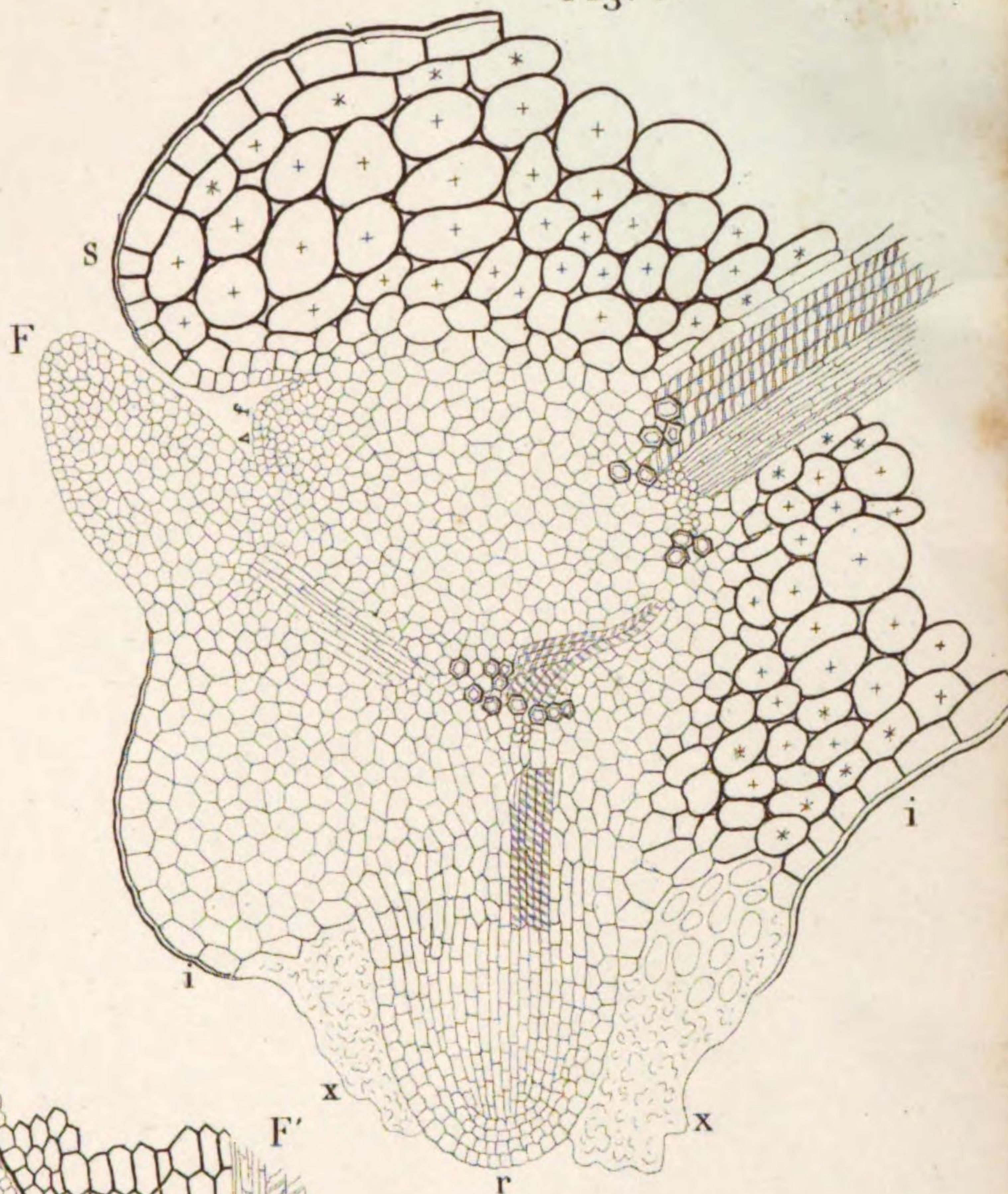


Fig. 10.

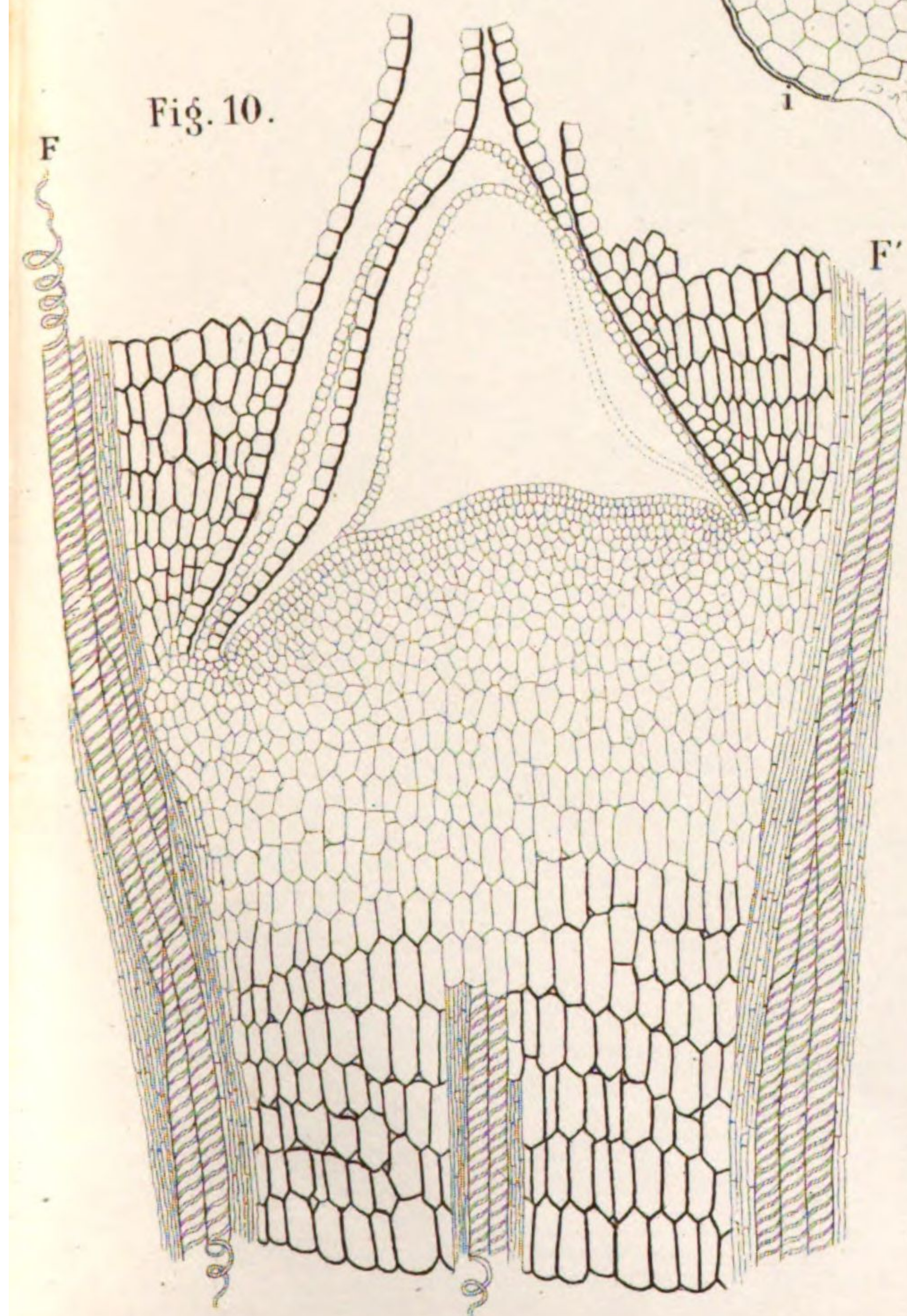


Fig. 11.

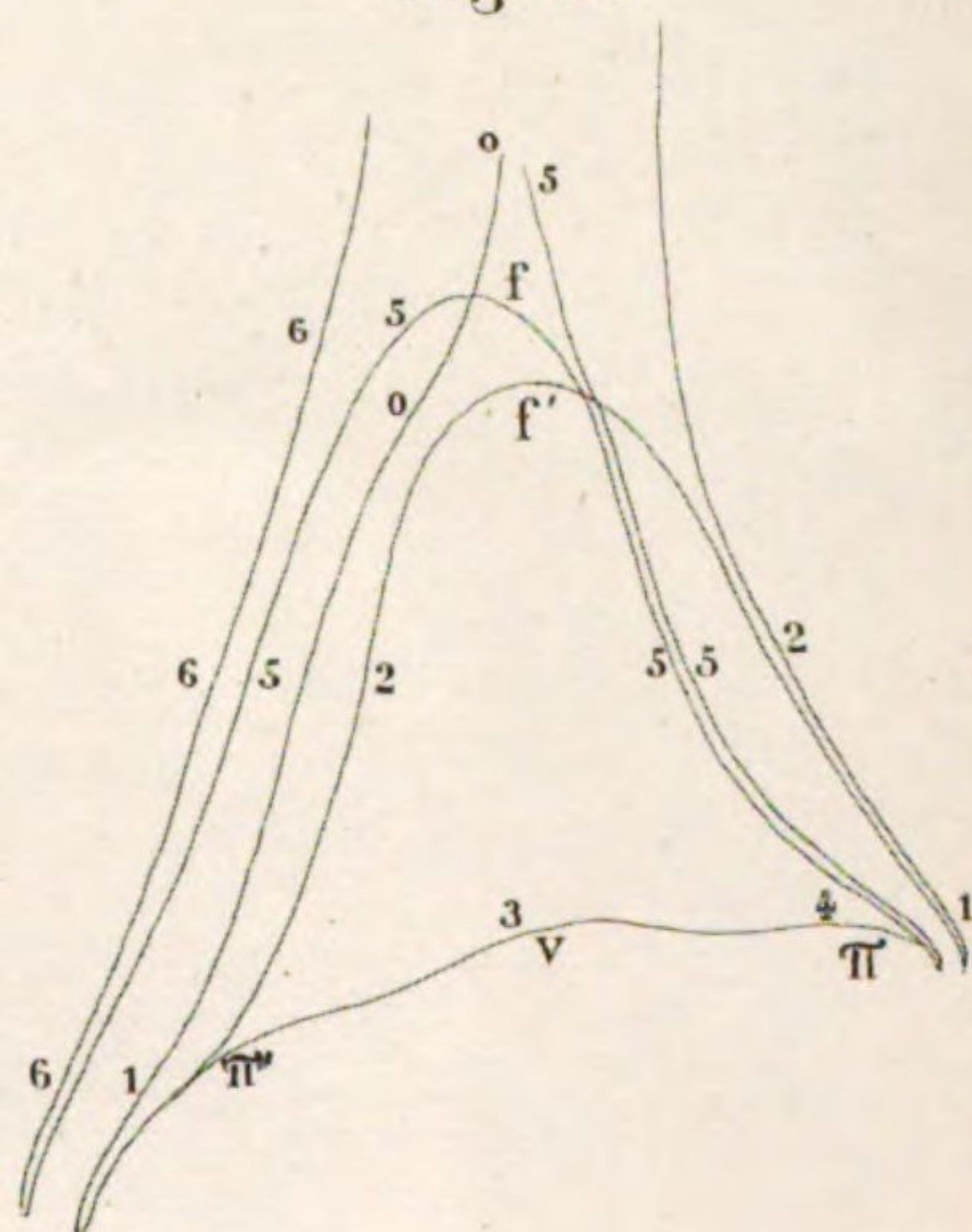


Fig. 13.

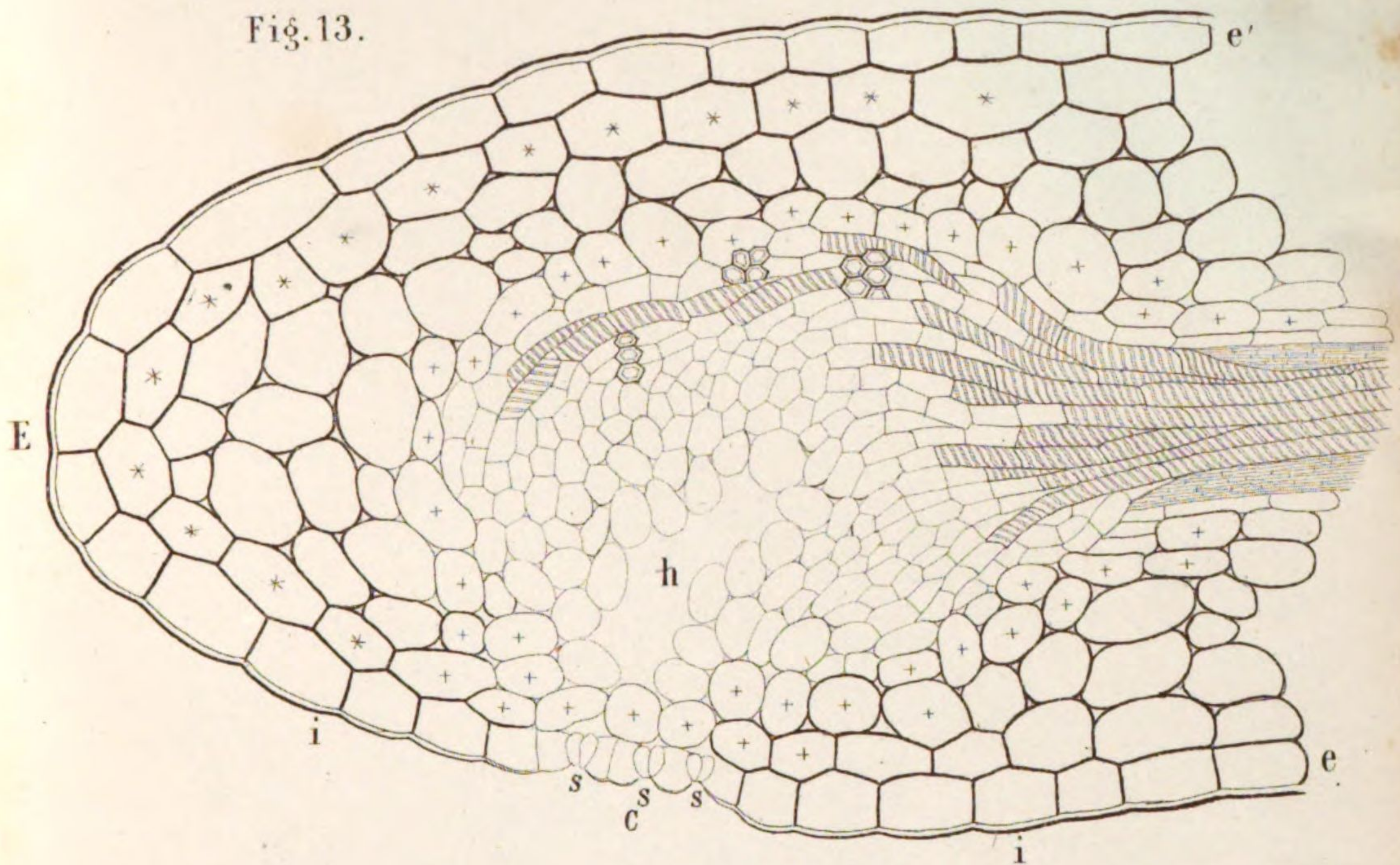


Fig. 14.

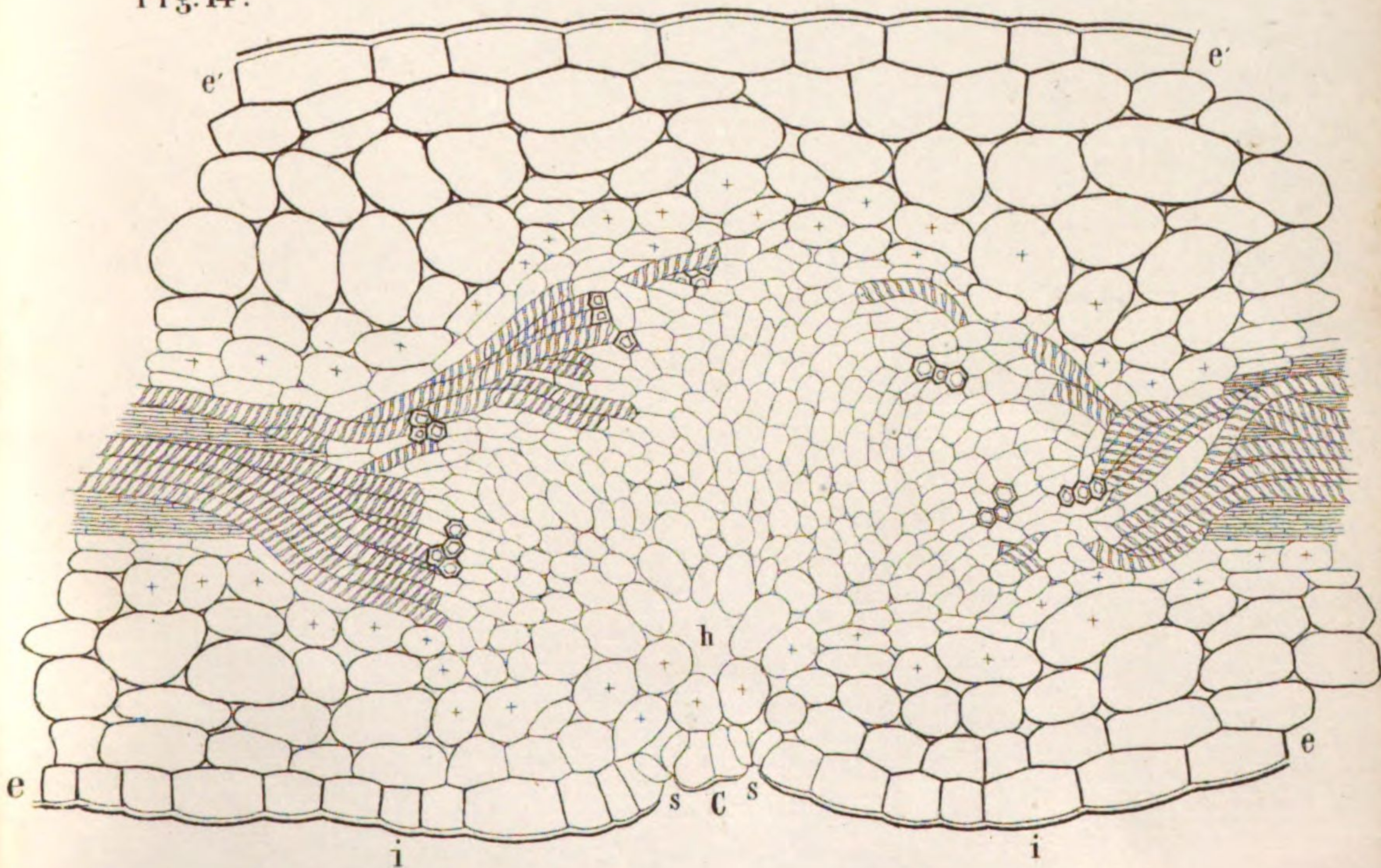


Fig. 15.

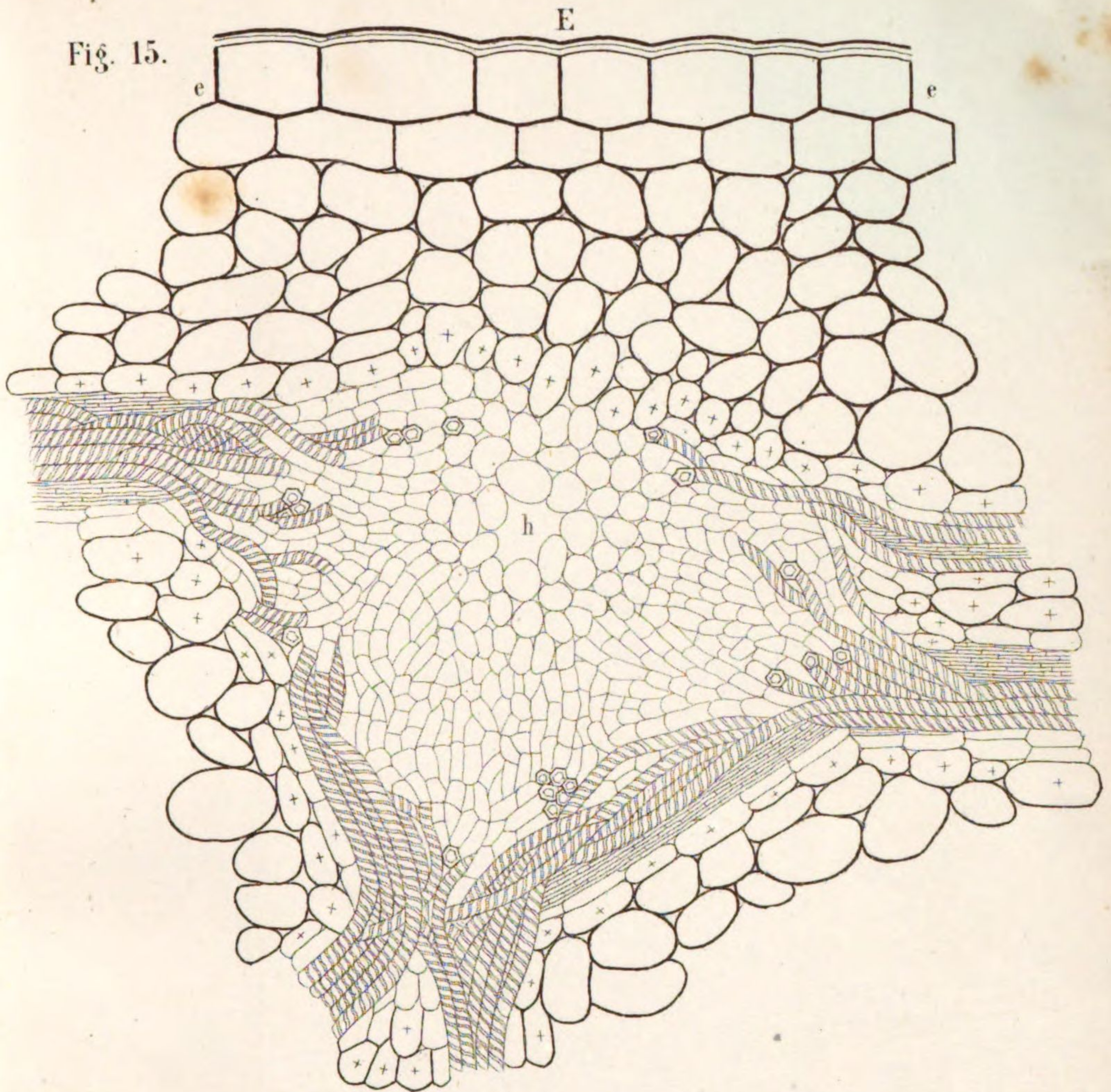


Fig. 17.

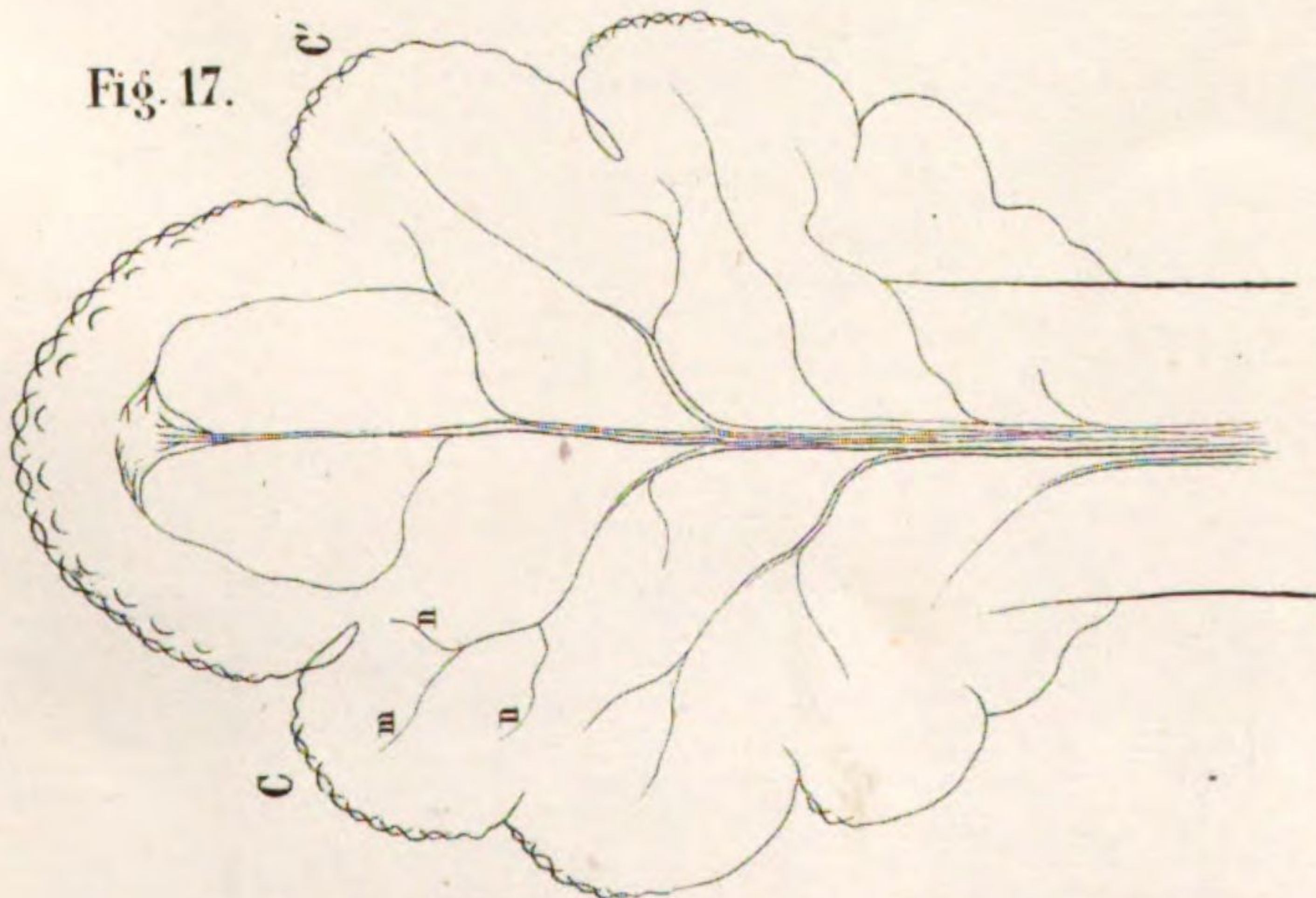


Fig. 16.

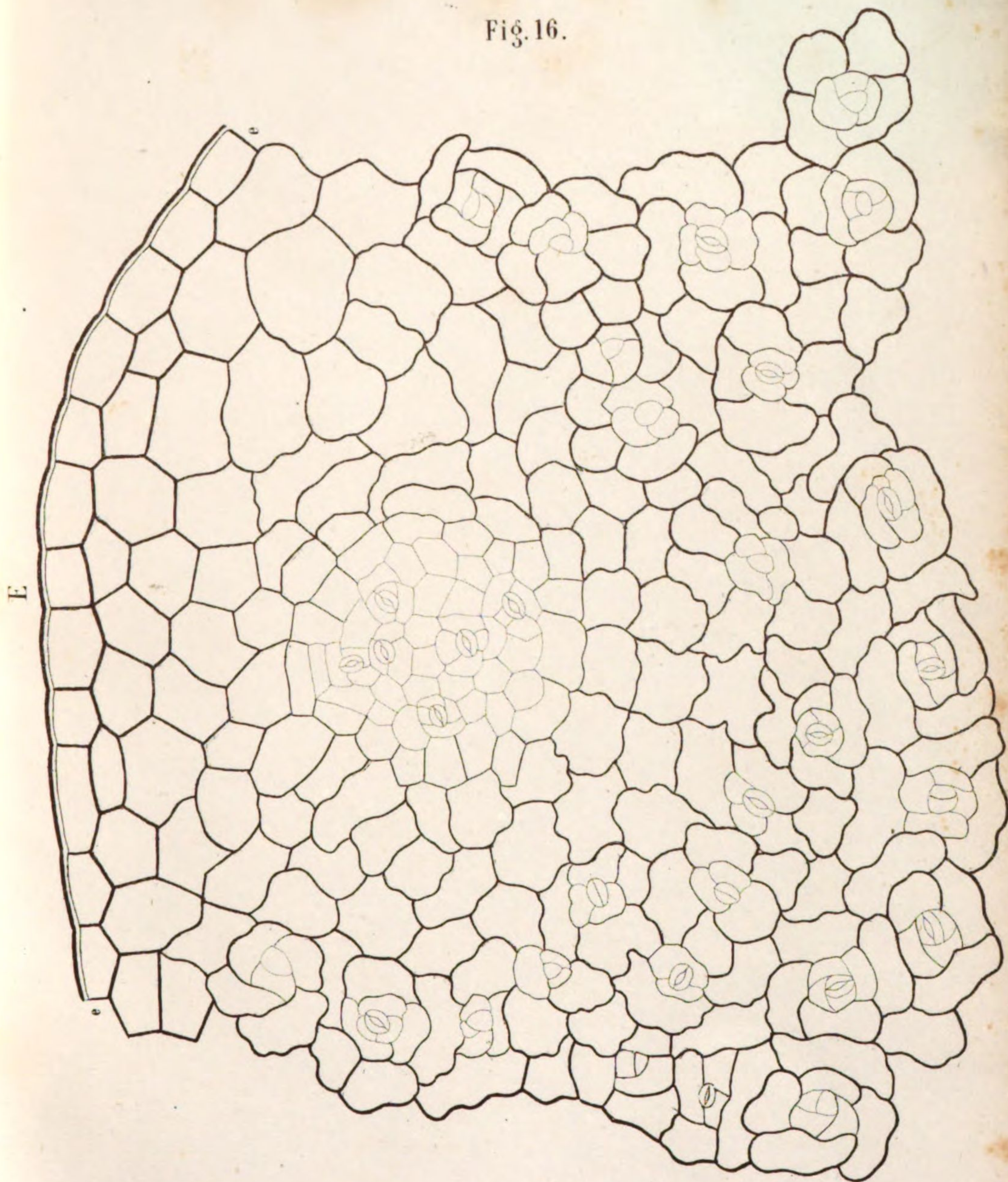


Fig. 18.

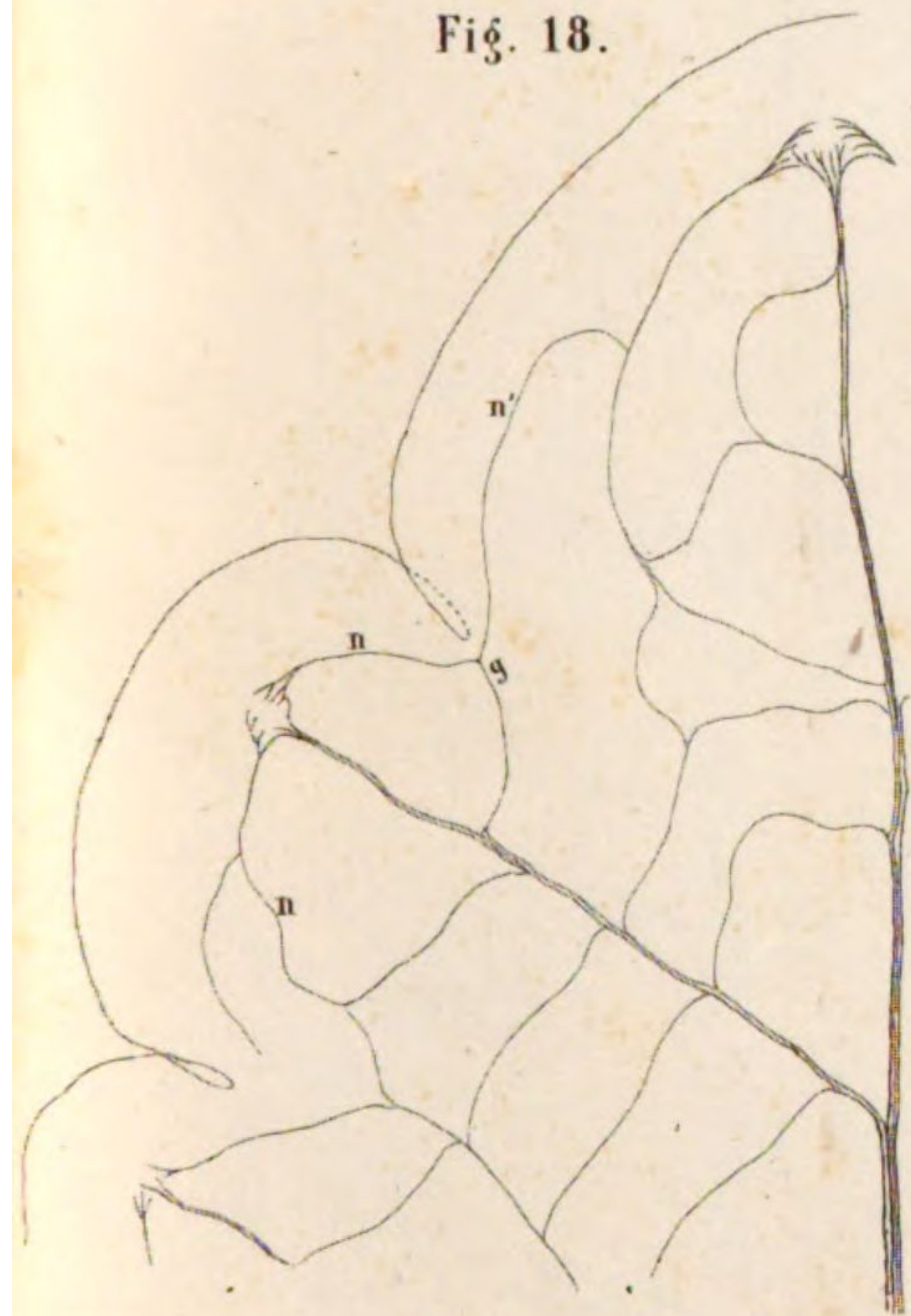


Fig. 19.

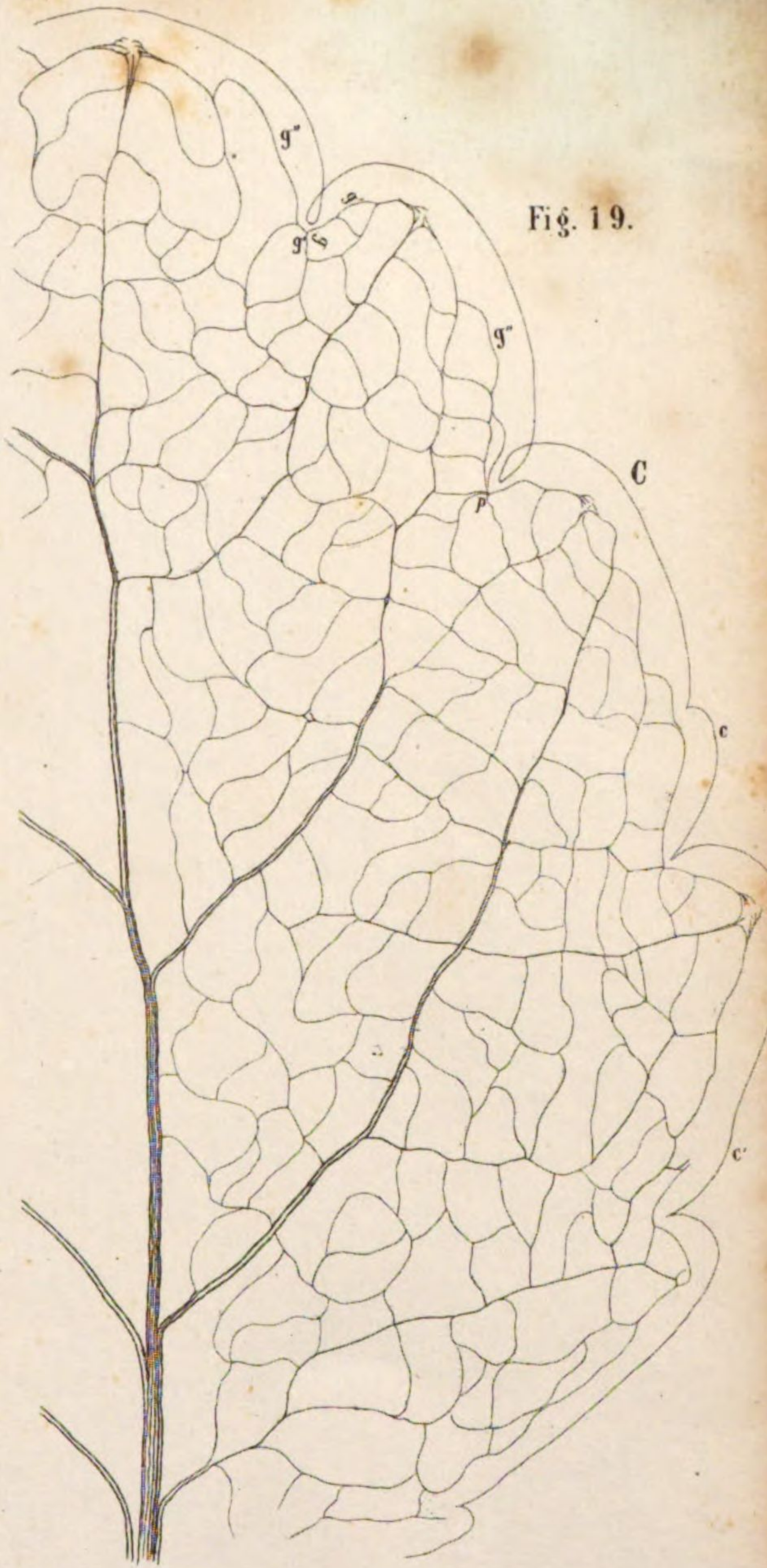
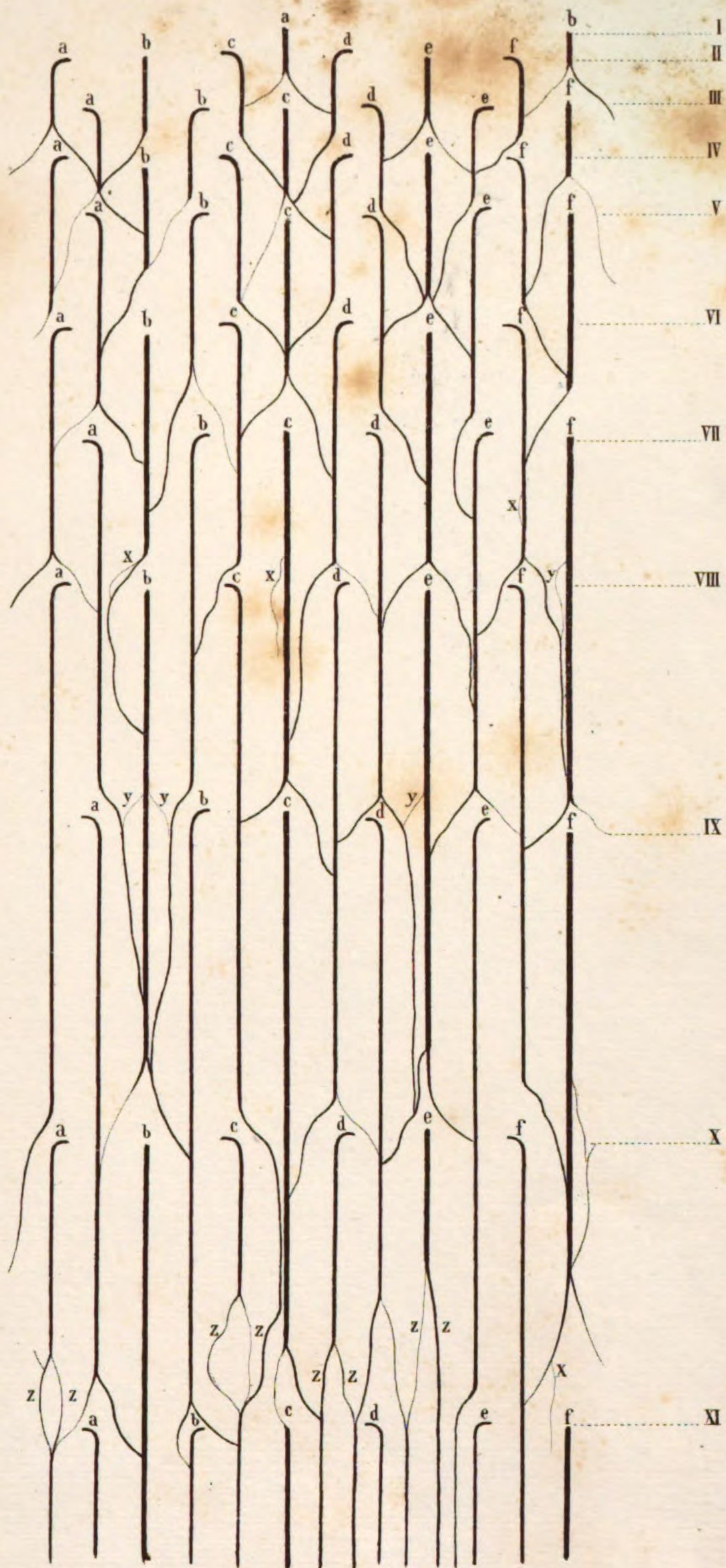


Fig. 20.



F.X.BEER,
k.Hofbuchbinder
MÜNCHEN.
Ledererstr.25.

Berge, Hermann

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum*

Zürich 1877

Phyt. 33 zn

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11360927-9